Das Reich der Luft
Wilhelm Schütte, Camille Flammarion

PROPERTY OF
University of
Michigan
Libraries
1817
ARTES SCIENTIA VERITAS

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

WIRBELSTURM AUF DEM MEERE.

Digitized by Google

Das

# Reich der Luft.

Frei nach C. Flammarion.

Von

Wilhelm Schütte.

Mit zahlreichen Illustrationen.

Leipzig.
Verlag von Friedrich Brandstetter.
1875.

Digitized by Google

Transportation
Library
QC
861
.S39

Digitized by Google

Transport.

8-23-51 7W

# Vorwort.

Die Meteorologie, d. h. die Lehre von den Vorgängen, welche sich in der Atmosphäre vollziehen, hat sich erst seit wenigen Jahrzehnten einen Platz unter den exacten Wissenschaften errungen, zu welchen ihre Schwestern Astronomie und Physik schon seit lange zählen. Denn wenn auch ihre Anfänge uralt sind und bis zu derselben Zeit zurückreichen, wie diejenigen der übrigen Naturwissenschaften, so hat doch erst unser Jahrhundert uns genauere Kenntniß von den großen Gesetzen geliefert, welche in dem weiten Reiche der Luft herrschen, und erst seit etwa 20 Jahren verfolgen die Meteorologen bei ihren Untersuchungen einen gemeinsamen Plan, der auf einem in Brüssel tagenden meteorologischen Congresse festgesetzt wurde und dessen Befolgung bereits wichtige Resultate geliefert hat. Allein die Ergebnisse dieser Forschungen sind der größeren Zahl der Gebildeten meistentheils unbekannt geblieben und nur wenige dieser letzteren besitzen richtige Ansichten über die wichtigen meteorologischen Processe, welche täglich in dem Luftkreise stattfinden. Die Entstehung der Winde, die Bildung von Wolken, Regen und Schnee, der Ursprung der Gewitter, kurz die Ursachen, welche die einzelnen Erscheinungen hervorrufen, deren Gesammtheit wir als „Wetter" bezeichnen, sind sehr vielen entweder völlig unbekannt, oder wenigstens unklar. Und doch giebt es kaum eine zweite Naturerscheinung, welche für das Menschengeschlecht und sein Wohlergehen eine so tiefgreifende Bedeutung hat, als gerade das Wetter. Denn nicht nur ist das Gedeihen oder Mißrathen unserer Culturpflanzen, deren Anbau die Grundlage und der Ausgangspunkt aller Civilisation ist, fast einzig und allein durch die Gunst oder Ungunst der Witterung bedingt, es ist vielmehr die gesammte Entwickelung des pflanzlichen und thierischen Lebens den climatischen und meteorologischen Verhältnissen unterthan, und auch der Mensch kann sich der Herrschaft dieser letzteren nicht entziehen. Es ist daher sicher von dem größten

Digitized by Google

Interesse, diese Witterungserscheinungen näher zu studiren und die Gesetze kennen zu lernen, welche sie beherrschen und mit einander verknüpfen.

Auf den ersten Blick mag es freilich scheinen, als ob das Wetter gar keinen bestimmten Gesetzen folge und nur ein launenhaftes Spiel des Zufalls sei; hat sich doch der Sprachgebrauch des Wortes „wetterwendisch“ bemächtigt, um einen launenhaften Charakter zu bezeichnen, dessen Entschließungen ganz unberechenbar sind. Und doch sind die Witterungserscheinungen ebensowenig zufällig, wie jedes andere Naturphänomen, sondern die nothwendigen Wirkungen gesetzmäßiger Ursachen. „Auch das kleinste Luftmolekül, sagt Laplace, folgt in seinen Bewegungen Gesetzen, die ebenso unveränderlich sind wie diejenigen, welche den Lauf der Gestirne lenken.“ Wenn es uns so schwer fällt, diese Gesetze zu erkennen, so liegt der Grund einerseits in der großen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, andererseits in dem Umstande, daß locale, nebensächliche Einwirkungen sich oft in hohem Maße geltend machen und die allgemeinen Gesetze verdunkeln. Die Aufgabe der Meteorologie ist es nun, die Phänomene, welche uns im Luftkreise entgegentreten, zu studiren, ihren Ursachen nachzuspüren und diese letzteren auf eine oder doch auf wenige Grundursachen zurückzuführen.

Das vorliegende Buch — eine freie Bearbeitung von Flammarions l'atmosphère — versucht es, diese Vorgänge im Luftkreise näher zu schildern und auch solchen Lesern verständlich zu machen, welche sich nicht eingehend mit physikalischen und meteorologischen Studien beschäftigt haben. Es beansprucht keineswegs, als ein Lehrbuch der Meteorologie angesehen zu werden, schließt vielmehr mathematische und rein physikalische Deductionen so viel wie möglich aus und legt das Hauptgewicht auf die Schilderung von dem Wirken der Naturkräfte in dem Reiche der Luft, wobei stets der Einfluß berücksichtigt wird, welchen die besprochenen Erscheinungen auf das Leben der Pflanzen, Thiere und Menschen ausüben.

Während das erste Buch die Höhe, den Druck und die chemische Zusammensetzung des Luftmeeres bespricht, schildert das zweite die optischen Erscheinungen, welche sich in der Atmosphäre zeigen, den Regenbogen, die Höfe und Nebensonnen und die Luftspiegelung. Die in diesem zweiten Buche besprochenen Feuermeteore sind zwar nicht irdischer, sondern kosmischer Natur, und es ist daher Sache der Astronomie, sich näher mit diesen Erscheinungen zu beschäftigen; immerhin wird es nicht unstatthaft sein, sie auch hier abzuhandeln, da das Erglühen der Sternschnuppen sich innerhalb unseres Luftkreises vollzieht und diese kleinen Körper uns erst sichtbar werden, wenn sie in unsere Atmosphäre eingedrungen sind. Die letzten vier Bücher behandeln die speciell dem Gebiete der Meteorologie angehörigen

Digitized by Google

Erscheinungen, nämlich die Wärme, deren ungleiche Vertheilung über die Erdoberfläche als die Grundursache der übrigen Phänomene anzusehen ist, die Winde, die Wolkenbildung, die atmosphärischen Niederschläge und die elektrischen Erscheinungen, welche im Luftkreise auftreten. Ein Schlußcapitel giebt eine kurze Uebersicht über die Geschichte der Meteorologie und stellt die Gesichtspunkte zusammen, welche bei einer Vorhersage des Wetters in Betracht kommen. Gerade dieses letzte Capitel zeigt, wie weit wir noch davon entfernt sind, zu jeder Zeit das Wetter auch nur für den nächsten Tag, viel weniger noch für längere Zeit mit Sicherheit vorhersagen zu können, was sehr oft irrthümlicher Weise als eigentlicher Zweck aller meteorologischen Untersuchungen angesehen wird. Indessen geht aus diesem Schlußcapitel zugleich hervor, daß wir schon jetzt manche tiefgreifende Störungen in der Atmosphäre vorhersagen können, und daß wohl die Zeit nicht allzufern ist, wo es uns möglich sein wird, das Herannahen eines jeden schweren Unwetters auf 8 bis 10 Tage mit Sicherheit im Voraus zu erkennen.

Stralsund, im Juni 1874.

**Wilhelm Schütte.**

# Inhalt.

## Erstes Buch.

### Unser Planet und seine Hülle.


Seite

Erstes Capitel. Die Erde als Weltkörper. Die Atmosphäre . . . . 3
Zweites Capitel. Die Höhe der Atmosphäre . . . . 10
Drittes Capitel. Das Barometer und der Druck der Luft . . . . 20
Viertes Capitel. Die chemische Zusammensetzung der Luft . . . . 33
Fünftes Capitel. Die Arbeit der Luft bei dem Lebensproceß . . . . 50
Sechstes Capitel. Ton und Stimme . . . . 66
Siebentes Capitel. Auffsteigungen im Luftballon. Das Leben in hohen Regionen . . . . 78


## Zweites Buch.

### Das Licht und die optischen Erscheinungen in der Atmosphäre.


Erstes Capitel. Die Tageszeiten . . . . 93
Zweites Capitel. Der Regenbogen . . . . 115
Drittes Capitel. Höfe und Nebensonnen . . . . 126
Viertes Capitel. Die Luftspiegelung . . . . 142
Fünftes Capitel. Die Feuermeteore. Das Zodiakallicht . . . . 154
Sechstes Capitel. Allgemeine Thätigkeit des Lichtes . . . . 165


## Drittes Buch.

### Die Wärme.


Erstes Capitel. Die Wirkung der Sonne auf die Erde . . . . 173
Zweites Capitel. Die Wärme der Atmosphäre . . . . 183
Drittes Capitel. Die Jahreszeiten . . . . 197
Viertes Capitel. Der Gang der Temperatur; Schwankungen des Barometers . . . . 207

Digitized by Google

| | | Seite |
|---|---|---|
| Fünftes Capitel. | Frühling und Sommer | 225 |
| Sechstes Capitel. | Herbst und Winter | 241 |
| Siebentes Capitel. | Vertheilung der Wärme über die Erdoberfläche | 262 |
| Achtes Capitel. | Die Gebirge | 278 |

## Viertes Buch.

### Die Strömungen der Luft und des Meeres.

| | | |
|---|---|---|
| Erstes Capitel. | Der Wind | 303 |
| Zweites Capitel. | Die Strömungen des Meeres | 316 |
| Drittes Capitel. | Die veränderlichen Winde | 326 |
| Viertes Capitel. | Einige besondere Winde | 344 |
| Fünftes Capitel. | Die Mächte der Luft | 353 |

## Fünftes Buch.

### Die atmosphärische Feuchtigkeit.

| | | |
|---|---|---|
| Erstes Capitel. | Das Wasser auf der Erdoberfläche und in der Atmosphäre | 383 |
| Zweites Capitel. | Nebel und Wolken | 396 |
| Drittes Capitel. | Der Regen | 411 |
| Viertes Capitel. | Der Hagel | 428 |
| Fünftes Capitel. | Wunderregen | 437 |

## Sechstes Buch.

### Die elektrischen Erscheinungen in der Atmosphäre.

| | | |
|---|---|---|
| Erstes Capitel. | Die Elektricität an der Erdoberfläche und im Luftkreise | 455 |
| Zweites Capitel. | Die Wirkungen des Blitzes | 471 |
| Drittes Capitel. | Das St. Elmsfeuer — die Irrlichter | 487 |
| Viertes Capitel. | Die Blitzableiter | 496 |
| Fünftes Capitel. | Das Nordlicht | 505 |
| Schlußcapitel. | Ueber die Vorausbestimmung des Wetters | 515 |

Digitized by Google

# Erstes Buch.

# Unser Planet und seine Hülle.

## Erstes Capitel.

### Die Erde als Weltkörper. Die Atmosphäre.

Der Planet, welchen wir bewohnen, unsere Erde, ist ein Glied einer großen Familie ähnlicher Weltkörper, welche dasselbe Centralgestirn umkreisen und alle durch die Kraft der allgemeinen Anziehung in ihren Bahnen erhalten und gelenkt werden. Acht große und 129 kleine Kugeln bilden dies Planetensystem, dessen äußerstes Mitglied einen Kreis von 2000 Millionen Meilen Umfang durchläuft. Die Sonne, dieser ungeheure Centralkörper, welcher die Erde $1\frac{1}{2}$ Millionen mal an Größe, 350,000 mal an Gewicht übertrifft, ruht in der Mitte aller Planetenbahnen, oder richtiger in dem einen Brennpunkte der fast kreisförmigen Ellipsen, welche die Planeten beschreiben. Um dies gigantische Gestirn kreist unsere Erde wie alle Glieder unseres Planetensystems mit einer fast unbeschreiblichen Geschwindigkeit. Obschon unser Wohnort uns völlig unbeweglich erscheint, beschreibt er doch in einer Entfernung von 20 Millionen Meilen einen Kreis um die Sonne und durcheilt seinen Weg von 128 Millionen Meilen in 365 Tagen und 6 Stunden, d. h. er legt in jeder Stunde fast 15,000 Meilen zurück. Um uns eine Vorstellung von dieser ungeheuren Geschwindigkeit zu machen, wollen wir sie mit anderen Bewegungen, die uns besser bekannt sind, vergleichen. Der schnellste Eisenbahnzug der auf den feurigen Flügeln des Dampfes dahinbraust, vermag höchstens 13 Meilen in der Stunde zurückzulegen. Mithin stürmt die Erde mit einer elfhundert mal größeren Geschwindigkeit auf ihrer himmlischen Bahn dahin. Wollten wir uns dies Verhältniß durch eine Zeichnung klar machen und den Weg, den die schnellste Locomotive in einer Stunde zurücklegt, durch eine Linie von einem Millimeter Länge darstellen, so müßten wir daneben eine Linie von 110 Centimeter Länge ziehen, welche dem von der Erde in derselben Zeit durchlaufenen Raume entsprechen würde. Der träge Schritt einer Schildkröte ist unge-

fähr 1100 mal langsamer, als die schnelle Bewegung eines Eilzuges; könnte man daher einen solchen Zug neben der Erdbahn hineilen lassen, so fände dasselbe Verhältniß statt, als wenn eine Schildkröte neben der Locomotive dahinkröche.

Von dieser so überaus geschwinden Bewegung haben wir keine Empfindung, weil wir an derselben Theil nehmen und von dem dahinstürmenden Erdball durch die Himmelsräume fortgeführt werden; vielmehr vermögen wir die Richtung und Größe dieser Bewegung nur aus der perspectivischen Verschiebung der Himmelskörper und der hierauf gegründeten Berechnung zu erkennen. Ebensowenig vermögen wir auf dem Verdecke eines Schiffes, in dem Coupée eines Eisenbahnwagens oder in der Gondel eines Luftballons uns von der Bewegung Rechenschaft zu geben, die uns fortführt, eben weil wir an derselben Theil nehmen und weil wir ruhig an demselben Platze in unserem Fahrzeuge verharren. Sähen wir nicht, wie die Gegenstände außerhalb des letzteren ihre Stellungen zu einander verschieben, so würden wir glauben, in Ruhe zu sein, und es wäre uns unmöglich, die Bewegung zu erkennen.

Um uns einen Begriff zu machen von der unbeschreiblichen Gewalt, mit der unser Wohnort dahineilt, wollen wir annehmen, daß wir nicht auf der Erde, sondern außerhalb derselben im Weltraume selbst ständen, nicht ferne der Bahn, auf welcher jene dahinbraust. Wir erblicken sie in weiter, weiter Ferne als einen kleinen leuchtenden Stern inmitten der übrigen Gestirne. Der Stern scheint zu wachsen und sich zu nähern; alsbald zeigt er eine Scheibe, ähnlich wie der Mond, dunkle und helle Flecken verrathen den Gegensatz von Land und Meer, weißlich schimmern die mit Schnee bedeckten Pole, wolkige Bänder umziehen die Aequatorialgegend. Schon unterscheiden wir auf der größer und größer werdenden Kugel die geographischen Umrisse der Erdtheile, welche durch die Dünste und Nebel der Atmosphäre hindurchscheinen, und vielleicht haben wir gerade unser theures Vaterland erkannt, da reckt sich der Ball höher und höher — wie ein dem Abgrunde entstiegener Riese steht er vor unserem erschreckten Auge, hoch in den Himmel hineinragend und das ganze Gewölbe überdeckend. Doch wir haben keine Zeit, ihn näher zu betrachten, denn eben so schnell, wie er gekommen, braust der Coloß an uns vorüber, seine Größe nimmt reißend schnell ab, und bald taucht er schweigend in die ewige Nacht des Himmels. So kreist unser Wohnort unablässig um die Sonne und führt uns mit sich fort, wie eine abgeschossene Kanonenkugel die Staubkörnchen fortträgt, welche an ihrer Oberfläche haften.

Welch ein Unterschied zwischen der Wirklichkeit und der alten falschen Ansicht, nach welcher die Erde unbeweglich war und die Unterlage des Himmels bildete! Dieser alte und noch jetzt bei vielen Ungebildeten so schwer zu widerlegende Glaube betrachtete die Erde allein als das Weltall. Sie war der Mittelpunkt und der

Zweck der gesammten Schöpfung, und der ganze unendliche Raum war eine leere schweigende Einöde. Im Weltall gab es eine obere Region, den Himmel (das Empyreum), und eine untere Region, welche die Erde, die Vorhölle und die Hölle umfaßte. Die Welt war nur um des Menschen willen geschaffen und dieser der Mittelpunkt der göttlichen Fürsorge. Heute wissen wir, daß der Himmel nichts Anderes ist, als der Raum ohne Grenzen, und daß die Erde nichts mehr ist, als jedes andere Gestirn. Wir erkennen in dem Himmelsraum Planeten, die unserer Erde ähnlich sind, erblicken in den Fixsternen viele Tausende von Sonnen, und in ungemessenen Fernen, die das Teleskop unserem forschenden Geiste erschlossen hat, begrüßen wir in matt aufdämmernden Sternnebeln neue sich bildende Schwesterwelten. Die Erde erscheint uns jetzt nur noch wie ein Stäubchen, welches in dem unendlichen Raume kreist, wie eines der unzähligen Räder, welche zu vielen Myriaden den geheimnißvollen Mechanismus des Weltalls zusammensetzen. Unser Planetensystem mit seiner strahlenden Sonne, so ungeheuer es auch erscheinen mag im Verhältniß zu unserer kleinen Erde, schrumpft fast zum Nichts zusammen im Vergleich mit der Welt der Fixsterne, die vielleicht wieder die Mittelpunkte eigener Planetensysteme sind. Mit Erstaunen erblickt das Auge Sonnen, die so weit entfernt sind, daß das Licht, welches doch in einer Secunde einen Weg von 42,000 Meilen zurücklegt, Hunderte und Tausende von Jahren gebraucht, um von ihnen zu uns zu gelangen. In noch weiterer Ferne sehen wir die matt schimmernden Nebelflecke, die aus größerer Nähe betrachtet unserer Milchstraße gleichen würden, und wir erkennen, daß die Grenzen des Weltalls immer weiter hinausrücken, je mehr sich unser Blick schärft, und daß wir uns stets nur im Vorhofe der Unendlichkeit befinden.

Außer seinen Kreislauf um die Sonne hat unser Wohnort noch die nicht minder wichtige tägliche Umdrehung um seine Axe zu vollführen. Betrachtet man diese Bewegung näher, so erkennt man sofort, daß die einzelnen Punkte der Erdoberfläche bei dieser Umdrehung verschiedene Geschwindigkeit besitzen müssen je nach ihrer geographischen Breite. Während unter dem Aequator, wo die Geschwindigkeit am größesten ist, jeder Punkt täglich 5400 Meilen, d. h. in jeder Minute 3¾ Meilen durcheilt, legt jeder in der geographischen Breite von Leipzig gelegene Ort kaum 2½ Meilen in der Minute zurück, ja in der Breite von Reikiawyk, einer der am weitesten nach Norden gelegenen Städte, ist die Geschwindigkeit nur noch ¾ Meilen für die Minute. An den Polen endlich ist dieselbe gleich Null.

Nachdem wir die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne und die tägliche Umdrehung um ihre Axe besprochen haben, müssen wir noch in der Kürze einen Blick auf die Bewegung werfen, welche der Mond um die Erde vollführt. Unser Trabant ist 49 mal kleiner und 81 mal leichter als die Erde. Trotz dieser verhältnißmäßig kleinen Masse übt er auf die Gewässer des Oceans und auf das

Luftmeer eine ähnliche Wirkung aus, wie die Sonne, ja er zeigt bei der Erregung von Ebbe und Fluth einen größeren Einfluß, als unser Centralkörper. In 27 Tagen und 7 Stunden vollendet der Mond seinen Umlauf um die Erde. Da aber diese letztere in dieser Zeit in ihrer Bahn um die Sonne fortgerückt ist, so gebraucht der Mond noch ungefähr zwei weitere Tage, um zu derselben Stellung in Bezug auf die Sonne zurückzukehren. Es verfließen daher 29 Tage und 12 Stunden bis zur Wiederkehr derselben Phase. Wenn die Erde sich nicht um die Sonne bewegte, so würde der Mond eine elliptische Bahn beschreiben, in der Wirklichkeit aber durchläuft er keine in sich geschlossene, sondern eine eingebogene Linie.

So sind es denn drei Weltkörper, Sonne, Erde und Mond, welche bei der Betrachtung des Weltalls vorzugsweise unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen. Sie wirken auf einander vermöge der Anziehung ihrer Massen. Die Sonne, 350,000 mal schwerer als die Erde, hält die letztere gewissermaßen mit ausgestrecktem Arm in einer Entfernung von 20 Millionen Meilen fest, die Erde hinwieder führt den 81 mal leichteren Mond in der Entfernung von 51,000 Meilen um ihren Mittelpunkt herum. Während sie die Sonne umkreist, gebadet in dem Lichtmeer, welches dem Centralkörper entströmt, bietet sie vermöge der täglichen Umdrehung alle Meridiane der Reihe nach dieser segensreichen Fluth von Licht und Wärme dar, welche alles Leben und alle Bewegung auf der Erde schafft und erhält. Die Sonne regelt die Tages- und Jahreszeiten, sie setzt fortwährend die ungeheure Werkstatt der Atmosphäre in Bewegung; sie ruft die Luftströmungen hervor, den sanften Wind, der die Segel der Schiffe schwellt, wie den Orkan, der die Bäume entwurzelt und die Fluthen des Meeres zum zerstörenden Werke über die Ufer treibt; sie schöpft das Wasser aus dem unergründlichen Brunnen des Oceans, hebt es hinauf in die Luft und bildet aus ihm Nebel und Wolken, Regen und Schloßenwetter — sie schafft mit einem Worte die unaufhörliche Circulation der Luft und des Wassers. Diesen Kreislauf wollen wir in dem Folgenden betrachten und dabei die vielfachen Erscheinungen untersuchen, welche sich in dem weiten Reiche der Luft darbieten. Es ist dieser Kreislauf von der allergrößten Bedeutung, denn er ist die Quelle und die Ursache des Bestehens für alles Leben auf der Erde; wenn wir ihn studiren, so lernen wir gleichzeitig das Leben selbst begreifen, welches sich auf diesem Planeten regt, den wir für eine kurze Spanne Zeit bewohnen.

Der Erdball, dessen auf den Flügeln der allgemeinen Schwere vollführten Kreislauf wir soeben betrachtet haben, wird von einer Lufthülle umgeben, welche über die ganze Oberfläche ausgegossen ist und sich eng an dieselbe anschmiegt. Wir verglichen die Erde bei ihrer Bewegung mit einer abgeschossenen Kanonenkugel; wenn wir uns eine solche Kugel mit einer feinen, noch keinen Millimeter dicken

Dampfschicht umhüllt denken, so haben wir ein ziemlich richtiges Bild von der Erde und der rings um sie gebreiteten Atmosphäre. Den meisten Menschen kommt es nie zum Bewußtsein, von welcher ungemeinen Wichtigkeit diese atmosphärische Hülle für uns ist, und doch wäre ohne sie kein Leben auf der Erde denkbar, da Pflanzen, Thiere und Menschen aus ihr die Luft, dieses erste Lebenserforderniß schöpfen. Die organischen Wesen unserer Erde sind so gebaut, daß die Atmosphäre die oberste Herrscherin über alle ist, und daß der Physiker von ihr dasselbe sagen kann, was der Theologe von Gott: „in ihr leben, weben und sind wir." Gleichzeitig bildet sie ein mächtiges Kräftemagazin für die Erde und verleiht überdies unserem Wohnorte Duft und Schmuck. Sie hat nicht blos die Bestimmung, jeder Brust die Lebensluft zu liefern und den Herzschlag zu beleben, vielmehr ist ihre Hauptaufgabe, die von der weit entfernten Sonne hergestrahlte Wärme an der Erdoberfläche festzuhalten und unserem Planeten denjenigen Wärmegrad zu bewahren, der für die auf ihm lebenden Organismen erforderlich ist; diese Aufgabe wird gelöst durch die regelmäßigen Luftströmungen, durch Regen, Gewitter und Stürme. Würde die Erde plötzlich ihrer Lufthülle beraubt, so würde sie bald zu einer vereisten Masse erstarren, könnte kein Leben auf ihrer Oberfläche beherbergen und würde als ungeheures Grab in tiefer Stille den öden Raum durchwandern. Und mit welchem Festgewande schmückt sie sich oft bei dieser unausgesetzten Arbeit! Unter der sengenden Gluth der Tropen ergötzt uns die mährchenhafte Luftspiegelung, in gemäßigten Breiten entzückt die Pracht eines Sonnenunterganges unser Auge, in der Polarzone flammt der Himmel auf im gluthrothen Nordlichtschein, und schöner als alles dies entfaltet jede klare Nacht den herrlichen, bunt durchwirkten Sternenmantel.

Die Luft ist das erste Band, welches die Menschen gesellig verknüpft. Entschwände die Atmosphäre, so würde ein ewiges Schweigen auf der Erde herrschen, denn die Wellen der Luft verbreiten den Schall und werden somit zu Trägerinnen des Wortes und der Rede; und was wäre die Welt ohne das Wort?

Die Luft ist ferner der Hauptbestandtheil der Gewebe unseres Körpers, so daß wir sagen können, wir bestehen aus „organisirter Luft". Der Athmungsproceß ernährt uns zu drei Viertheilen, das letzte Viertel entnehmen wir den Nahrungsmitteln, welche neben dem festen Kohlenstoff vorzugsweise die Luftarten Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff enthalten. Ein jedes noch so kleines Theilchen dieser Stoffe, welche für den Augenblick unserem Körper einverleibt sind, kehrt beim Ausathmen, Ausdünsten u. s. w. wieder in die Atmosphäre zurück, gehört ihr kürzere oder längere Zeit an, um wieder einem anderen Organismus, sei es Pflanze, Thier oder Mensch, einverleibt zu werden. Wir Alle sind auferstandene Leichname, gebildet aus dem Staube unserer Vorfahren. Wenn alle Menschen, die bis jetzt gelebt haben, auferstehen würden, wie es gläubige Seelen hoffen und

wünschen, so fänden sie nicht Raum auf der Erde; allein sie könnten gar nicht Alle auferstehen, da so ziemlich Alle aus denselben Stoffen gebildet waren. Gerade so werden einst die Theile, die jetzt unseren Leib zusammensetzen, wieder den Körpern unserer Nachkommen einverleibt werden, nachdem sie vielleicht zuvor hier eine Pflanze ernährten, dort als Bestandtheile eines Vogels die Luft durchschnitten. So wandert jedes Atom in ewigem Kreislauf von Leben zu Tod und von Tod zu Leben, und die Luft ist das ungeheure Magazin, aus welchem das Leben seinen Athem schöpft, und in welches der Tod den letzten Seufzer aushauchen läßt.

Während die Luft so den Kreislauf des Stoffes vermittelt, ist sie gleichzeitig die Werkstatt, in welcher die Farben gemischt werden, welche die Oberfläche unseres Planeten schmücken. Vermöge ihrer Eigenschaft, die blauen Lichtstrahlen zurückzuwerfen, taucht die Luft den Himmel in tiefes Blau und umhüllt die entfernten Höhen mit jenem zarten, violetten Duft, dessen Intensität sich nach der Höhe des Gegenstandes und der Feuchtigkeit der Luft ändert. Die Brechung, welche die Sonnenstrahlen in den unteren Schichten der Atmosphäre erleiden, meldet uns das Herannahen des Tagesgestirns als zartes, immer lebhafter erglühendes Morgenroth, ja läßt uns die Sonne selbst erblicken noch bevor sie sich wirklich über unseren Horizont erhoben hat. Dieselbe Ursache läßt die Sonne scheinbar ihren Untergang verzögern, und umzieht nach dem endlichen Versinken derselben den Abendhimmel mit den in Gold und Purpur flammenden Bändern des Abendroths. Ohne die gasförmige Hülle unseres Planeten würden wir niemals diese bunten, wechselnden Farbenspiele erblicken. Unter den Planeten finden wir mehrere, welche in verschiedenen Verhältnissen diese Wirkung der Atmosphäre zeigen. So erkennen wir deutlich auf der Venus an dem Rande des erleuchteten Theils der Scheibe, für welchen die Sonne gerade auf oder untergeht, einen Dämmerungsgürtel, der diesen Planeten das Phänomen der Morgen- und Abendröthe gerade wie bei uns erblicken läßt, während sich umgekehrt auf dem von keiner Atmosphäre umgebenen Monde keine Dämmerung zeigt, so daß für unseren Trabanten die Sonne des Morgens plötzlich aufflammt und ebenso plötzlich des Abends erlischt, ohne daß sein beständig schwarzer Himmel und seine Oberfläche sich mit den duftigen Farben schmücken, welche hier unser Auge erfreuen.

Betrachten wir jetzt die Gestalt dieser Lufthülle, die unsere durch den Weltraum rollenden Planeten rings umkleidet. Die Oberfläche der Atmosphäre ist gekrümmt, gerade so wie die des Meeres; denn wie das Wasser, so hat auch die Luft das Bestreben, sich ins Gleichgewicht zu setzen und sich zu einer Schicht auszubreiten, deren Oberfläche überall gleichweit vom Erdmittelpunkte entfernt ist. Dem der Mathematik Unkundigen wird es anfangs schwer, sich vorzustellen, daß das Meer, das anscheinend wie eine völlige Ebene vor unseren Augen liegt, eine gekrümmte Oberfläche hat, und er ist geneigt zu glauben, daß auch das Luft-

meer eine horizontale obere Grenze haben müsse. Und doch ist sowohl das Wasser, als auch die in noch viel höherem Grade bewegliche Luft in kugelförmiger Gestalt um die Erde ausgegossen, welche Thatsache man nicht aus den Augen lassen darf, wenn man eine große Zahl von atmosphärischen Erscheinungen verstehen will, die in den nächsten Capiteln abgehandelt werden.

---

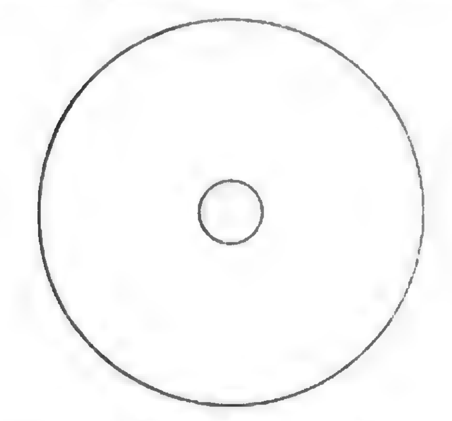
## Zweites Capitel.

# Die Höhe der Atmosphäre.

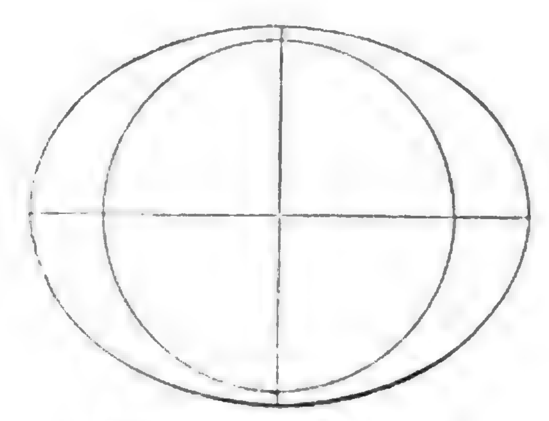
Da die gasförmige Hülle, welche unseren Planeten umkleidet, denselben auf seiner schnellen Reise durch die Himmelsräume begleitet, so kann sie sich nothwendiger Weise nicht in das Unendliche erstrecken, sondern muß in einer gewissen Entfernung von der Erdoberfläche endigen, und es erwächst daher die Frage, bis zu welcher Höhe sie reiche? Suchen wir zunächst einen Punkt zu bestimmen, über den hinaus sie sich sicher nicht erstrecken kann. Da sie an der täglichen Umdrehung der Erde Theil nimmt, so muß die Bewegung der Atmosphäre in einer gewissen Höhe eine solche Geschwindigkeit erlangen, daß die durch die Umdrehung hervorgerufene Schwungkraft die äußeren Lufttheilchen in den Weltraum schleudert, so daß diese aufhören, Bestandtheile unserer Atmosphäre zu sein. Die Schwungkraft, welche bekanntlich wie das Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt, ist unter dem Aequator an der Erdoberfläche gleich dem 289ten Theile der Schwerkraft. Da nun 289 das Quadrat von 17 ist, so würden, wenn die Erde sich 17 mal schneller drehte, alle Körper unter dem Aequator gewichtslos sein, und ein aus der Hand losgelassener Stein könnte nicht zu Boden fallen, sondern müßte in der Luft schwebend bleiben. Wir selber würden so leicht sein, daß wir über den Boden hinschlüpfen würden wie Luftgeister, die sich vom Winde tragen lassen. In einer Entfernung von 17 Erdhalbmessern, wo die Umdrehungsgeschwindigkeit 17 mal größer ist, als unter dem Aequator, müßte daher die Grenze der Atmosphäre liegen, wenn nicht die Schwerkraft bei einer Entfernung von der Erdoberfläche abnähme. Berücksichtigt man Beides, die Zunahme der Schwungkraft und die Abnahme der Schwerkraft bei wachsender Höhe, so findet man in der Entfernung von $6\frac{1}{2}$ Erdradien oder 5500 Meilen den Punkt, wo beide Kräfte sich das Gleichgewicht halten, und an welchem daher die Lufttheilchen in den Weltraum

entweichen müssen. Dies wäre also die äußerste Grenze, über welche hinaus die Atmosphäre sich keinen Falls erstrecken kann; allein die für das Athmen der Menschen taugliche Luft reicht auch nicht annähernd bis zu dieser theoretischen Grenze.

Schon in der Höhe des Aetna (ungefähr 11,000 Fuß) hat man fast den dritten Theil der Luftmasse unter sich, und in einer Höhe von 17,000 Fuß, welche doch noch von vielen Berggipfeln überragt wird, hat die Luftsäule schon die Hälfte ihres Gewichtes verloren, d. h. die Luftmasse, welche sich von diesem Punkte bis zu ihrer äußersten Grenze erstreckt, hat dasselbe Gewicht, wie die unterhalb desselben gelagerten Schichten, welche die Last der oberen tragen und deshalb zusammengedrückt werden.



Theoretische äußerste Grenze der Atmosphäre.



Ellipsoidische Gestalt der Atmosphäre.

Das Zusammenwirken der Schwerkraft und der Schwungkraft läßt nun die Atmosphäre keine vollständige Kugelgestalt gewinnen, sondern bläht sie am Aequator auf und plattet sie an den Polen ab. Für jeden mit einer Atmosphäre umkleideten Himmelskörper muß diese letztere so gestaltet sein, daß die aus den beiden genannten Kräften resultirende Mittelkraft senkrecht zu der Oberfläche der Lufthülle steht. Nach den Untersuchungen von La Place müßte der Aequatorial-Durchmesser unserer Atmosphäre um ein Drittel größer sein, als der Durchmesser im Sinne der Pole, und der Querschnitt müßte eine elliptische Figur ergeben, deren Axen in dem Verhältniß von 4 : 3 ständen. Wenn nun auch die Erdatmosphäre das Streben hat, sich dieser Gestalt anzupassen, so weicht sie doch keineswegs in so hohem Grade von der Kugelform ab, ist aber in der That unter dem Aequator erheblich dicker, als unter den Polen. Ueberdies ist ihre Gestalt veränderlich, da Sonne und Mond in ihr, ähnlich wie in dem Meere, Ebbe und Fluth hervorrufen.

Während wir so mit Hülfe der Mechanik eine obere Grenze bestimmt haben, über welche hinaus die Atmosphäre sich nicht erstrecken kann, ermöglicht es uns die Physik, eine untere Grenze zu finden, bis zu welcher die Atmosphäre mindestens

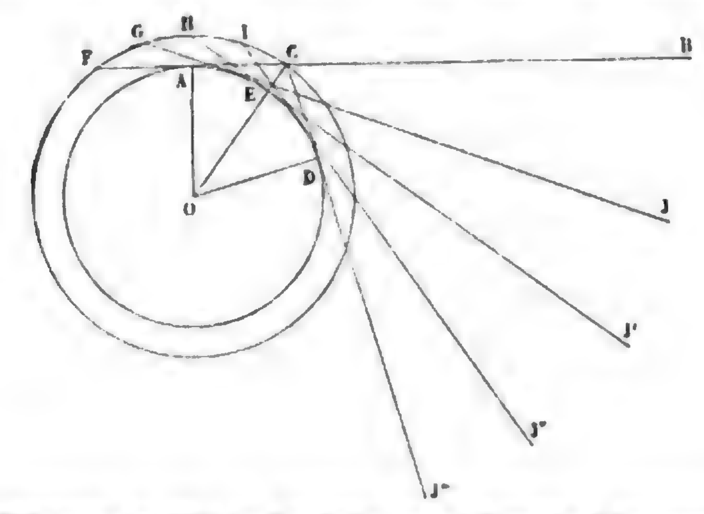
reichen muß. Wir gelangen zu diesem Ziele, wenn wir die Abnahme des Luftdrucks mit wachsender Höhe näher betrachten. Jedes Lufttheilchen übt vermöge seines Gewichtes einen Druck auf die tiefer gelegenen Theile aus und preßt dieselben zusammen. Mithin ist in einer senkrechten Luftsäule die Dichtigkeit am größten für die am Boden lagernde Schicht und nimmt bei wachsender Höhe fortwährend ab, weil die unterhalb des Beobachters gelegenen Luftschichten keinen Druck mehr ausüben. Deshalb hat das Barometer, mit welchem Instrumente wir diesen Druck messen, auf dem Gipfel eines Berges einen niedrigeren Stand als am Fuße, ja die Beziehung zwischen Höhe und Luftdruck ist eine so enge, daß wir den Höhenunterschied zweier Orte aus den gleichzeitig an beiden Stationen angestellten Barometerbeobachtungen berechnen können.

Je mehr der Druck abnimmt, um so mehr strebt die Luft sich auszudehnen, so daß es auf den ersten Blick scheinen möchte, als müsse die Atmosphäre sich bis zu sehr weiten Fernen erstrecken. Wäre das bekannte Mariotte'sche Gesetz, nach welchem die Dichtigkeit eines Gases dem darauf lastenden Drucke proportional ist, in aller Strenge gültig, so wäre es unendlich schwer zu erklären, weshalb die Atmosphäre sich nicht bis zu der oben gefundenen theoretischen Grenze erstreckt, da es vielmehr fest steht, daß sie in nicht allzu großer Entfernung von der Erdoberfläche endigt. Dieser scheinbare Widerspruch beruht einfach darauf, daß das Mariotte'sche Gesetz nur annähernd, nicht aber in aller Strenge richtig ist, wie man lange Zeit geglaubt hatte. Regnault, Liais und andere Physiker haben dies unwiderleglich durch Versuche festgestellt, indem sie in Barometerröhren, die einen sehr großen leeren Raum oberhalb des Quecksilbers besaßen, sehr kleine Gasblasen einsteigen ließen. Bei hinreichender Kleinheit dieser letzteren fanden sie eine Grenze, bei welcher die Molecüle des Gases, statt sich abzustoßen, wie sie es thun müßten, wenn das Gas sich ins Unendliche ausdehnen könnte, gerade umgekehrt sich anzuziehen und aneinander zu haften schienen, wie die Theile einer klebrigen Flüssigkeit. Die Elasticität der Gase, auf welcher die Spannkraft derselben beruht, endet daher bei einem gewissen Grade der Verdünnung, über den hinaus sich das Gas wie eine Flüssigkeit verhält, die aber ungleich leichter ist, als alle, die wir kennen.

Aus der Abnahme des Luftdrucks in der Höhe und unter Berücksichtigung aller hierher gehörigen physikalischen Gesetze hat Biot aus den Beobachtungen, welche Gay-Lussac, Humboldt und Boussingault in verschiedenen Höhen in Bezug auf Druck, Wärme und Feuchtigkeit der Luft angestellt haben, berechnet, daß die Atmosphäre sich mindestens bis zu einer Höhe von $6\frac{1}{2}$ Meilen erstrecken muß. In dieser Höhe muß die Luft so dünne sein, wie unter der Glocke unserer besten Luftpumpen. Wir kommen somit zu dem Schluß, daß die Höhe der Atmosphäre zwischen $6\frac{1}{2}$ und 5500 Meilen liegt. Diese beiden Grenzen sind so weit von

einander entfernt, daß wir uns nach einer anderen Methode umsehen müssen, um der Wahrheit näher zu kommen.

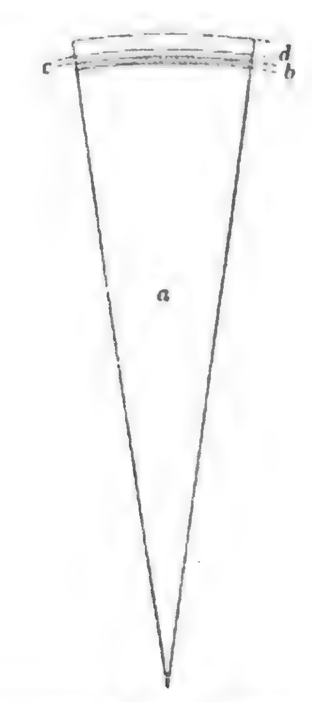
In der That hat man die Höhe der Atmosphäre auf optischem Wege zu messen versucht, indem man die Dauer der Dämmerung bestimmte, d. h. jener Zeit, während welcher die Strahlen der bereits untergegangenen Sonne noch die oberen Luftschichten erleuchten. Wäre die Atmosphäre unbegrenzt, so könnte niemals völlige Nacht auf der Erde eintreten; die Sonnenstrahlen müßten zu jeder Zeit hochgelegene Luftschichten erleuchten, von diesen zurückgeworfen werden und auf der Erde eine mehr oder minder helle Dämmerung erzeugen. Umgekehrt würde die Abwesenheit jeder Lufthülle bewirken, daß mit Sonnenuntergang die Nacht plötzlich hereinbräche und der Tag ohne voraufgehende Dämmerung beim Aufgang der Sonne sein volles Licht entfaltete. Da nun, wie allgemein bekannt ist,




Bestimmung der Höhe der Atmosphäre aus der Dauer der Dämmerung.

Abend- und Morgendämmerung die Zeit verlängern, während welcher das Sonnenlicht zu uns gelangt, so leuchtet ein, daß die Beobachtung dieser Erscheinung zu einer Bestimmung der Höhe unserer Atmosphäre führen kann. Der um O mit OA geschlagene Kreis stelle die Erde, der zweite, größere Kreis die Atmosphäre dar. Wenn die Sonne unter den Horizont FACB des Beobachtungsortes A gesunken ist, so wird sie nur noch einen Theil der Atmosphäre erleuchten; befindet sie sich z. B. in J, so werden alle Theile, die unterhalb der Tangente JG liegen, dunkel erscheinen, während der Abschnitt GHIC noch erhellt ist. Die Sonne rückt allmählig nach J′ und J″ und gleichzeitig beschränkt sich der erleuchtete Theil auf HIC und IC. Ist endlich die Sonne in J‴ angelangt, so wird die Dämmerung ihr Ende erreichen, da jetzt die über dem Horizont gelegenen Luftschichten gar kein Licht empfangen. Nach dem Untergange der Sonne bildet sich daher der sogenannte Dämmerungsbogen, welcher die erleuchteten und nicht erleuchteten Theile der Atmosphäre scheidet und langsam tiefer herabsinkt, bis er ganz ver-

schwindet und die völlige Nacht eintritt. In unseren Breiten ist diese trennende Linie selten scharf ausgeprägt, dagegen kann man an solchen Orten, wo die Luft sehr rein und klar ist, das Phänomen in seinem ganzen Verlaufe beobachten, wie z. B. Lacaille bei seiner Reise nach dem Cap der guten Hoffnung die Dämmerungszone in voller Schärfe von einem Kreisbogen begrenzt sah. Dieser Bogen sank langsam herab und erreichte den Horizont, als die Sonne 17° 13′ unterhalb desselben stand. Kennt man den Kreis, welchen die Sonne in Folge der Axendrehung der Erde im Laufe des Tages an der Himmelskugel zu beschreiben scheint, so kann man aus der Zeit, welche zwischen Sonnenuntergang und dem Verschwinden



Durchschnitt der Atmosphäre und der Erde.

des Dämmerungsbogens verfließt, berechnen, wie tief die Sonne bereits unter unseren Horizont gesunken ist. Mit Hülfe dieses letzteren Winkels BCJ‴, welcher ungefähr 18° beträgt, läßt sich wieder die Höhe des Punktes in der Atmosphäre bestimmen, der zuletzt noch von der Sonne beleuchtet wurde. Diese Methode zur Bestimmung der Höhe der Atmosphäre wurde schon von Kepler in Vorschlag gebracht. Sie liefert ein Resultat, welches mit dem früher gewonnenen so ziemlich übereinstimmt, indem sie 7—8 Meilen für die Höhe der Atmosphäre ergiebt. Wollte man den Radius der Erdkugel durch eine 10 Meter lange Linie darstellen, so würden 4 Centimeter der Dicke der Lufthülle entsprechen. Die nebenstehende Figur ist genau in diesem Verhältniß gezeichnet. Sie zeigt erstens das glühende Erdinnere a, zweitens die feste Erdrinde b, auf welcher wir leben und welche etwa 8 Meilen dick ist, drittens die Luftschicht, unter welcher wir leben, c; und

viertens die wahrscheinliche Höhe einer sehr leichten Atmosphäre d, welche über der unsrigen lagert, und von welcher alsbald die Rede sein soll.

Einige Beobachter des Dämmerungsphänomens haben ganz andere Resultate erhalten, welche darthun, daß die angegebene Höhe von 7—8 Meilen viel zu gering ist. Liais hat unter dem klaren und durchsichtigen Himmel von Rio de Janeiro den Dämmerungsbogen, welcher in der Tropenzone den Himmel mit einem entzückenden rosigen Hauche färbt, genau beobachtet und aus der Dauer des Phänomens geschlossen, daß die Atmosphäre sich mindestens 40 Meilen weit erstreckt, ja wahrscheinlich eine Höhe von 45 Meilen erreicht. Bravais fand aus seinen auf dem Gipfel des Faulhorn angestellten Beobachtungen 15—16 Meilen für diese Höhe.

Eine andere Methode, die Höhe der Atmosphäre zu bestimmen, besteht darin, daß man die Ausdehnung des Halbschattens der Erde mißt, welcher sich bei Mondfinsternissen auf der Mondscheibe abzeichnet, und dabei die Brechung berücksichtigt, welche das Licht beim Durchgang durch die Erdatmosphäre erleidet. Man gewinnt auf diesem Wege 12—14 Meilen für die Dicke derjenigen atmosphärischen Schicht, welche bei dieser Erscheinung noch von Einfluß ist.

Die Beobachtungen, welche für die Höhe der Atmosphäre mehr als 8 Meilen ergeben, sind in der letzten Zeit vielfach näher erörtert worden.

Quetelet schließt aus einer großen Zahl hierher gehöriger Untersuchungen, daß die Atmosphäre sich in der That viel weiter erstreckt, als man gewöhnlich annimmt, oder daß gewissermaßen über der unteren Atmosphäre eine zweite höhere gelagert ist, welche er im Gegensatz zu der terrestrischen die ätherische Atmosphäre nennt. Dieselbe ist ungemein fein und wesentlich von der Luft verschieden, in welcher wir leben. In dieser Region zeigen sich vorzugsweise die Sternschnuppen und verschwinden, sobald sie in die eigentliche irdische Atmosphäre eindringen. Quetelets Ansicht über diese beiden Atmosphären ist etwa folgende. Die obere verharrt in voller Ruhe, die untere dagegen ist in unaufhörlicher Bewegung. Die Höhe, bis zu welcher Winde und Stürme die Luft in Bewegung setzen, ist nach den Jahreszeiten verschieden. So hat die bewegliche Schicht in unseren Breiten im Winter etwa nur drei Meilen Dicke, während sie im Sommer etwa doppelt so weit reicht. Alle höher gelegenen Theile erleiden nur eine ganz schwache, fast unmerkliche Bewegung. Die unaufhörlichen Erschütterungen, welche in der unteren Atmosphäre stattfinden, bewirken, daß die zu ihr gehörige Luft in Hinsicht der chemischen Zusammensetzung stets dieselbe ist; man findet keinen nennenswerthen Unterschied zwischen Luftproben, welche in den verschiedensten dem Menschen zugänglichen Höhen geschöpft wurden. In der unbeweglichen oberen Schicht, zu welcher die Menschen keinen Zutritt haben, und bis zu welcher auch die Wolken sich nicht erheben, kann man umgekehrt annehmen, daß sich die Stoffe nach der

Reihenfolge ihrer Dichtigkeit ordnen und sich in gleichartigen Schichten ausbreiten, indem sie sich entweder mit einander theilweise vermengen oder völlig getrennt bleiben. Sir John Herschel, de la Rive und Hansteen theilen im Allgemeinen die Ansicht Quetelets über diesen Punkt. Wir können also annehmen, daß oberhalb unserer aus Sauerstoff, Stickstoff und Wasserdampf gebildeten Lufthülle sich eine zweite überaus leichte Atmosphäre befindet, die sich bis zu einer Höhe von 45 Meilen erstreckt und natürlicher Weise aus den leichtesten Gasen gebildet ist, unter denen wahrscheinlich der Wasserstoff den ersten Platz einnimmt. Ist diese Annahme richtig, so ist die Höhe der gesammten Atmosphäre gleich dem 40. Theile des Erdhalbmessers.

Fragen wir jetzt, ob die Atmosphäre an der Erdoberfläche endigt, oder ob sie vielleicht noch in das Innere des Erdballs hineinreicht. Indem sie auf alle Gegenstände an der Erdoberfläche drückt, hat sie das Bestreben, in die Poren aller Körper einzudringen, sowohl in die feinen Spalten der Gesteine als auch zwischen die Molecüle der Flüssigkeiten. Das Wasser enthält Luft, ebenso die Pflanzen und alle übrigen Organismen; das Erdreich, die Steine sind mit Luft durchzogen und zwar um so mehr, je stärker der Druck ist. Es ist daher klar, daß ein erheblicher Theil der Luft vom Wasser des Oceans und den oberen Theilen der Erdrinde verschluckt sein muß. Indessen kann die Luft nicht in bedeutende Tiefen eindringen, da die sehr hohe Temperatur des Erdinneren einem solchen Eindringen eine Grenze setzt. Dagegen verschluckt das Wasser, welches bei gewöhnlichem Luftdruck etwa $^3/_{100}$ seines Volumens absorbirt, eine nicht unbeträchtliche Menge, und zwar ist diese absorbirte Luft etwas reicher an Sauerstoff, als die gewöhnliche. Man hat berechnet, daß die in dem Wasser sämmtlicher Meere enthaltene Luft etwa den dreihundertsten Theil der Atmosphäre ausmacht.

So haben wir denn die Gestalt und die Höhe der Atmosphäre bestimmt. Versuchen wir jetzt, die Frage zu beantworten, welche Ursachen diese Hülle ins Dasein gerufen haben mögen. Indem Lavoisier die Abhängigkeit der Aggregatzustände von der Temperatur der Körper untersuchte, gelangte er zu interessanten Gesichtspunkten in Betreff dieses Problems. „Das Studium der Wärme, sagt er, wirft ein helles Licht auf die Art und Weise, in welcher sich die Atmosphären der Planeten und namentlich unsere Erdatmosphäre gebildet haben. Begreiflicher Weise ist diese letztere dadurch entstanden, daß alle diejenigen Stoffe, welche bei der jetzt auf der Erde herrschenden Temperatur und dem jetzigen Luftdruck gasförmig sind, sich mit einander vermengten und dabei solche Stoffe in sich aufnahmen, welche sich in diesem Gemisch aus verschiedenen Gasen auflösen können. Sehen wir, was aus den Stoffen, die unsern Erdball zusammensetzen, werden würde, wenn sich die Temperatur desselben plötzlich veränderte. Nehmen wir zunächst an, daß die Erde bis auf die Entfernung des Merkur der Sonne ge-

nähert würde, in welcher Region die Sonnenwärme wahrscheinlich die Temperatur des siedenden Wassers übertrifft. Hier würden daher das Wasser und die anderen Flüssigkeiten alsbald ins Sieden gerathen, sich in Gase verwandeln und als solche in die Atmosphäre strömen. Diese neuen Luftarten würden sich mit den schon vorhandenen vermischen und so ein Gasgemenge bilden, welches von unserer jetzigen Luft sehr verschieden wäre. Aber diese Verdampfung würde ihre Grenzen haben. In demselben Maße, als die Menge der elastischen Gase zunähme, würde auch der von ihnen ausgeübte Druck wachsen und allmählich so schwer auf der Erdoberfläche lasten, daß das bis dahin noch nicht verdampfte Wasser aufhören würde zu sieden und in flüssigem Zustande bleiben müßte. Der Druck der Atmosphäre wäre daher begrenzt und könnte ein gewisses Maß nicht überschreiten. Man könnte diese Betrachtung noch weiter ausdehnen, sagt Lavoisier, und untersuchen, was aus den Steinen, den Salzen und den schmelzbaren Körpern der Erdoberfläche würde; begreiflicher Weise müßten manche derselben erweichen, schmelzen und nun ihrerseits neue Flüssigkeiten bilden.

Wenn die Erde umgekehrt plötzlich bis an die äußerste Grenze des Planetensystems gerückt würde, wo eine sehr niedrige Temperatur herrscht, so würde das Wasser unserer Flüsse und Meere und wahrscheinlich der größte Theil der bekannten Flüssigkeiten sich in feste Berge und Felsen verwandeln, welche anfangs durchsichtig, gleichförmig und klar wie Bergcrystall sein müßten, die aber in der Folge sich mit verschiedenartigen Substanzen vermengen und undurchsichtige, gefärbte Steine bilden würden. Ein Theil der jetzt luftförmigen Stoffe würde wegen Mangel an genügender Wärme nicht mehr in Dampfform existiren können, sie würden sich condensiren und in dieser Weise neue Flüssigkeiten bilden, von denen wir keine Vorstellung haben. Hieraus geht hervor erstens, daß „fest, flüssig und luftförmig“ drei verschiedene Zustände sind, drei besondere Modificationen, durch welche fast alle Substanzen hindurchgehen können, und welche allein durch die Temperatur bedingt sind, welcher die Körper ausgesetzt waren — zweitens, daß unsere Atmosphäre ein Gemisch aller derjenigen Substanzen ist, die bei dem jetzigen Wärmezustand und Luftdruck die Dampfgestalt annehmen — und drittens, daß sich möglicher Weise in unserer Atmosphäre metallische Substanzen vorfinden können, welche flüchtiger sind als das Quecksilber.

„Es ist bekannt, fährt der berühmte Chemiker fort, daß einige Flüssigkeiten, wie Wasser und Alkohol, sich in allen Verhältnissen mit einander vermischen lassen; andere dagegen, wie Quecksilber, Wasser und Oel, lassen sich nur vorübergehend mit einander vermengen und trennen sich wieder, indem sie sich nach ihrem specifischen Gewichte über einander lagern. Aehnliches muß in der Atmosphäre stattfinden. Es ist wahrscheinlich, daß sich von Uranfang an Gase bildeten und noch bilden, welche sich nur schwer mit der Luft vermischen und sich von derselben

absondern. Sind dieselben leichter als die Luft, so müssen sie sich in den höchsten Regionen ansammeln und daselbst Schichten bilden, welche auf der Luft schwimmen. Die Erscheinungen, welche die feurigen Meteore begleiten, führen mich zu der Ansicht, daß sich in den höchsten Höhen unseres Luftkreises eine Schicht brennbaren Gases befindet, und daß an dem Berührungspunkte dieser beiden Luftschichten sich die Erscheinung des Nordlichtes bildet." Man sieht, daß der große französische Chemiker bereits dieselbe Vorstellung von einer oberen Atmosphäre hatte, zu welcher jetzt unsere Physiker gelangt sind.

Beachten wir jetzt, daß der Ursprung der Atmosphäre in den uranfänglichen Zeiten gesucht werden muß, wo der noch glühende und feurig flüssige Erdkörper sich langsam mit einer dünnen festen Rinde bedeckte und wo seine Oberfläche ungeheure Mengen von Gasen und mit einander streitenden Dämpfen ausstieß. Das Wasser, eine Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff, entstand in diesem gigantischen Laboratorium der Urwelt; die Luft, ein Gemenge aus Sauerstoff und Stickstoff, mußte tausenderlei von Veränderungen durchmachen, bevor sie diejenige Zusammensetzung erlangte, welche sie heute besitzt. Die siedend heißen Regengüsse, welche zu jener Zeit fielen, mußten viele Verbindungen lösen, andere schließen. Wie Ampère in einer Schöpfungsgeschichte schreibt, welche die von La Place vervollständigt, finden wir heute in der Luft einen Zeugen von den Zerstörungen, welche die Metalle dadurch anrichteten, daß sie andern oxydirten Stoffen den Sauerstoff entzogen. Es ist dies die ungeheure Menge von Stickstoff, aus welchem die Lufthülle zum größten Theile besteht. Es wäre unnatürlich anzunehmen, daß dieser Stickstoff ursprünglich unverbunden existirt habe, und Alles drängt zu der Annahme, daß er mit Sauerstoff zu Untersalpetersäure oder Salpetersäure verbunden war. Alsdann mußte er acht oder zehn mal mehr Sauerstoff gebunden halten, als jetzt in dem Luftkreise vorhanden ist. Wohin kann dieser Sauerstoff gekommen sein? Aller Wahrscheinlichkeit nach hat er zur Oxydation von Metallen gedient, die wir jetzt als Thonerde, Kalk, Eisenoxyd 2c. wiederfinden. Nach Ampère's Ansicht müssen in jener Urzeit Regengüsse von Salpetersäure herabgestürzt sein, welche unter Entwickelung von Stickoxydgas die Metalle auflösten und durch diesen chemischen Proceß eine unerhörte Steigerung der Temperatur hervorriefen. Die Atmosphäre wurde in ein siedend heißes Dampfmeer verwandelt und war mit ätzenden Dämpfen geschwängert, deren kräftige chemische Wirkungen einen unbeschreiblichen Aufruhr hervorriefen. Die große Menge von Kochsalz, einer Verbindung aus Chlor und Natrium, welche sich auf der Erde findet, führt zu der Vermuthung, daß unter den Gasen, die in die anfängliche Atmosphäre strömten, das Chlor eine hervorragende Stelle einnahm. Ampère nimmt an, daß nach einer abermaligen Abkühlung sich ein neues Meer gebildet habe, welches nicht mehr die ganze Oberfläche des festen Kernes bedeckte, so daß

zahlreiche Inseln aus demselben hervorragten, und daß die Erde von einer luftartigen Hülle umgeben war, die zwar dieselben Gase enthielt, welche sich noch heute in der Atmosphäre vorfinden, aber in ganz anderen Verhältnissen. Aus den genialen Untersuchungen Brogniarts scheint in der That hervorzugehen, daß die Atmosphäre damals weit mehr Kohlensäure enthielt, als jetzt. Sie war untauglich, den Athmungsproceß der Thiere zu unterhalten, dagegen höchst günstig für die Entwickelung der Vegetation. Die Erde bedeckte sich deshalb mit Pflanzen, welche überreiche Nahrung in der mit Kohlensäure geschwängerten Luft fanden, so daß sich eine höchst üppige Vegetation entwickelte, deren Bildung überdies durch den hohen Wärmegrad begünstigt wurde. Aus dieser Zeit datiren die Steinkohlen, die Reste verkohlter Gewächse, deren ungeheure Lager noch jetzt von der Kraft zeugen, mit welcher sich damals die Pflanzenwelt entfaltete. Indem nun die Gewächse unaufhörlich die Kohlensäure zersetzten, bewirkten sie, daß die Atmosphäre unserer heutigen Lufthülle immer ähnlicher wurde. Dennoch war sie noch immer nicht geeignet, das Leben solcher Thiere zu unterhalten, welche die Luft direct einathmen. In der That bildete sich thierisches Leben zunächst im Wasser, welches sich mit Weichthieren, Strahlthieren und anderen der großen Abtheilung der Wirbellosen angehörigen Geschöpfen bevölkerte. Erst später erschienen die Fische, noch später die wasserbewohnenden Amphibien. Nach der Periode der gigantischen Saurier entwickelten sich die Säugethiere. Allmählig ging die Atmosphäre in den heutigen chemischen und physikalischen Zustand über und die vollendetsten Organismen waren auf dem Erdkreise vorherrschend. Noch aber erfreute sich kein menschliches Auge an der in üppigster Vegetation prangenden Landschaft, noch lauschte kein menschliches Ohr auf das Brausen des Sturms, und kein Menschengeist dachte nach über die Gesetze der Natur; — aber von Jahrhundert zu Jahrhundert wurde die Erde passender, dem Menschengeschlecht zum Wohnort zu dienen, welches sich jetzt den Erdkreis unterworfen hat.

---

## Drittes Capitel.

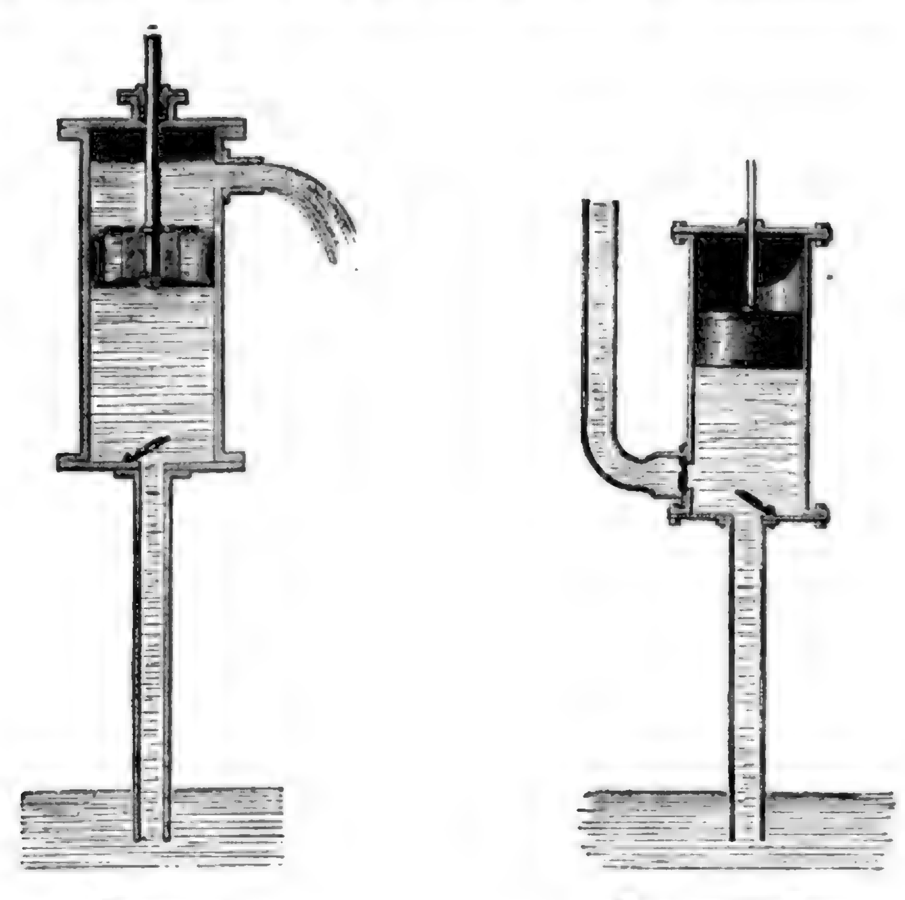
# Das Barometer und der Druck der Luft.

Als wir von der Höhe der Atmosphäre sprachen, bemerkten wir bereits, daß die Luft an der Erdoberfläche dichter ist, als in den höher gelegenen Regionen des Luftmeeres. Wenn uns die Luft auch noch so leicht, ja gewichtslos erscheinen mag, so hat sie doch ein wirkliches Gewicht, wie jeder andere irdische Körper. Jeder Quadratmeter Oberfläche hat einen beträchtlichen Luftdruck auszuhalten, welcher der Höhe und der Dichtigkeit der auf ihm ruhenden Luftsäule entspricht. Die Alten verstanden es nicht, den Luftdruck zu messen, und wenn sie auch nicht völlig unwissend waren in Betreff seiner Wirkungen, so wurde doch dieser Druck, dem jeder ohne es zu bemerken ausgesetzt ist, erst in der Mitte des siebenzehnten Jahrhunderts näher bestimmt. Als der Großherzog von Toscana im Jahre 1640 auf der Terrasse seines Schlosses einen Springbrunnen errichten lassen wollte, fanden die Wasserbaumeister von Florenz, daß es unmöglich sei, das Wasser mittelst einer Saugepumpe höher als 32 Fuß zu heben. Der Großherzog schrieb hierüber an Galilei und fragte, weshalb das Wasser nicht höher steige? Torricelli, Freund und Schüler Galileis, gab die Erklärung dieser Thatsache und zeigte, daß eine Wassersäule von 32 Fuß Höhe dem Druck der Atmosphäre das Gleichgewicht hält. Die Unmöglichkeit, mit einer Saugepumpe das Wasser über die angegebene Grenze hinaus zu heben, führte also Torricelli zu der Entdeckung von dem Gewichte der Atmosphäre. Betrachten wir daher die Einrichtung und das Spiel einer Pumpe etwas näher.

Es ist allgemein bekannt, daß diese einfachen und schon seit langer Zeit verwendeten Apparate das Wasser entweder nur durch Saugen oder durch Saugen und Pressen heben, weswegen man die eine Art dieser Instrumente Saugepumpen, die andere Sauge- und Druckpumpen nennt. Vor Torricelli suchte man das

Aufsteigen des Wassers in der Saugepumpe dadurch zu erklären, daß man der Natur einen „horror vacui", eine Scheu vor dem leeren Raume zu schrieb, in der Wirklichkeit ist dies Aufsteigen einfach die Wirkung des Luftdruckes.

Denken wir uns ein Rohr, in dessen unterem in das Wasser eintauchendem Ende sich ein eng anschließender Kolben befindet. Heben wir den Kolben, so bildet sich unterhalb desselben ein luftleerer Raum, und der auf der äußeren Wasserfläche lastende Luftdruck zwingt das Wasser, in dem Rohre aufzusteigen und dem Kolben zu folgen. Dies ist einfach das Princip der Saugepumpe. Dieselbe



Saugepumpe. Saug- und Druckpumpe.

besteht der Hauptsache nach aus einem Pumpenrohr, welches durch eine Röhre mit dem Wasserreservoir in Verbindung steht, und in welchem sich ein eng anschließender Kolben bewegt. An der Stelle, wo die Röhre in das Pumpenrohr mündet, befindet sich ein Ventil, welches sich nach oben öffnet; ein zweites in demselben Sinne wirkendes Ventil befindet sich in dem durchbohrten Kolben. Beim Heben dieses letzteren steigt das Wasser unter Einwirkung des äußeren Luftdruckes in der Röhre empor, hebt das untere Ventil und gelangt in das Pumpenrohr. Doch ist es nothwendig, daß das Ventil weniger als 32 Fuß über dem Wasserspiegel im Brunnen liegt. Wird diese Grenze nicht eingehalten, so bleibt

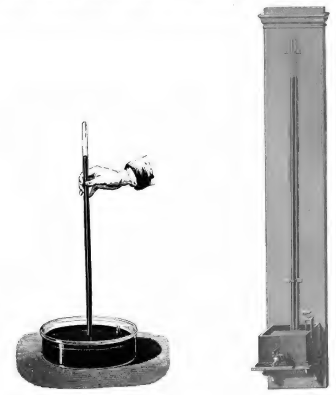
das Wasser an einem bestimmten Punkte der unteren Röhre stehen, ohne daß die weitere Bewegung des Kolbens es höher steigen läßt. Bei dem Niedergehen des Kolbens öffnet sich das Kolbenventil, während sich das untere schließt, das Wasser dringt durch den Kolben und wird bei dem abermaligen Heben desselben bis zu dem Ausströmerohr befördert. Die Sauge- und Druckpumpe hebt das Wasser gleichzeitig durch Saugen und Pressen. Am Boden des Pumpenrohrs liegt wieder

Die mit Quecksilber gefüllte Röhre.

ein Ventil, welches sich nach oben öffnet. Ein zweites Ventil öffnet sich in das seitwärts angebrachte Steigerohr, in welchem das Wasser beim Niedergang des Kolbens emporgetrieben wird. Aus dem Umstande, daß das Wasser nur bis zu einem gewissen Punkte dem aufwärtsgehenden Kolben folgt, schloß Torricelli, daß der auf dem Niveau des Wassers lastende Luftdruck dasselbe in dem Rohr hinauftreibt, wenn man dort den Luftdruck aufhebt, und daß es soweit steigt, bis das Gewicht der Wassersäule in dem Rohr dem Druck das Gleichgewicht hält,

welchen die Luft auf eine Fläche ausübt, die dem Boden der Pumpe gleich ist. Eine einfache Schlußfolgerung führte ihn von hier zur Entdeckung des Barometers.

Wenn zwei Flüssigkeitssäulen gleichen Druck ausüben sollen, so müssen ihre Höhen sich umgekehrt verhalten, wie ihre specifischen Gewichte, d. h. die schwerere



Die umgekehrte Röhre. Gefäßbarometer.

Flüssigkeit wird niedriger stehen, als die leichtere, und zwar in demselben Verhältnisse, als sie schwerer ist, als jene. Da nun das Quecksilber fast 14 mal schwerer, als das Wasser ist, so muß eine Quecksilbersäule, welche dem Luftdruck das Gleichgewicht hält, nur den vierzehnten Theil von 32 Fuß, d. h. 28 Zoll oder 760 Millimeter messen. Von der Wahrheit dieser Behauptung kann man sich leicht durch das Experiment überzeugen. Man füllt eine etwa einen Meter lange

Digitized by Google

Glasröhre, welche an dem einen Ende zugeschmolzen ist, mit Quecksilber, verschließt das offene Ende mit dem Finger, kehrt sie um und taucht das untere Ende in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß. Sobald man den Finger von der Mündung entfernt, fällt das Quecksilber um 24 Centimeter und bleibt dann stehen, da nun der Druck von Innen und Außen gleich ist. Die Quecksilbersäule in der Röhre ist eine wahre Waage, denn ihr Gewicht hält dem atmosphärischen Druck genau das Gleichgewicht. Diese mit Quecksilber gefüllte Röhre, welche in ein Quecksilbernäpfchen eintaucht, nannte Torricelli Barometer, d. h. ein Instrument, welches das Gewicht der Luft mißt (vom Griechischen βαρύς, schwer, und μέτρον, Maaß). Dies ist die einfachste Construction des Instrumentes, und ein in dieser Weise hergestellter Apparat heißt Gefäßbarometer.

Torricelli machte seine Entdeckung im Jahre 1643. Drei Jahre später wiederholte Pascal das Experiment, indem er Wasser zur Füllung des Barometers verwendete. Er ließ das 46 Fuß lange Rohr an dem einen Ende zuschmelzen, füllte es mit Wasser und verschloß das andere Ende mit einem Pfropfen. Nun wurde das Rohr mit Hülfe von Seilen und Flaschenzügen senkrecht aufgerichtet und das untere Ende in ein Gefäß mit Wasser getaucht. In dem Augenblick, wo der Pfropfen entfernt wurde, senkte sich die Flüssigkeitssäule in dem Rohr, bis ihr Scheitel etwa 32 Fuß über dem Niveau des Gefäßes lag. Der 14 Fuß messende Raum oberhalb des Wassers war luftleer; mithin hielt die Flüssigkeitssäule dem Luftdruck das Gleichgewicht. Es wiegt daher eine Wassersäule von 32 Fuß Höhe gerade so schwer, wie eine Luftsäule, die auf gleicher Basis ruht und bis zu der äußersten Grenze der Atmosphäre reicht. Mithin wird die Erde von der Luft so stark gedrückt, als ob eine Wasserschicht von 32 Fuß Höhe über ihr ausgebreitet wäre, und wir, die wir auf dem Grunde dieses Luftmeers leben, haben denselben Druck auszuhalten.

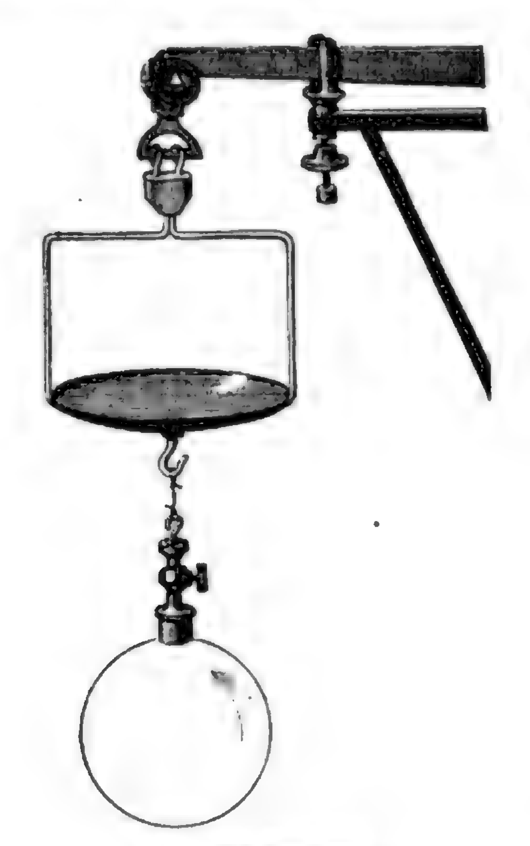
Wenn der Druck der Luft die Ursache für das Steigen des Quecksilbers und des Wassers ist, so muß das Gewicht und damit die Länge der dem Luftdruck entsprechenden Quecksilbersäule allmählig abnehmen, wenn wir in die Höhe steigen, und zwar muß diese Abnahme dem Gewichte der unter uns liegenden Luftschichten entsprechen. Diese aus der Theorie folgende Behauptung wurde durch die Experimente bestätigt, welche nach Pascals Anleitung von Perier am 19. September 1648 auf dem Gipfel des Puy de Dôme angestellt und von Pascal selbst auf dem Thurme von St. Jacob in Paris wiederholt wurden. Das Resultat war entscheidend und man besaß jetzt in dem Barometer ein Instrument, mit dessen Hülfe man den Gesammtdruck der Atmosphäre, sowie die Schwankungen, denen derselbe ausgesetzt ist, sicher und leicht bestimmen konnte.

Während man in Italien und Frankreich mit dem neuen Instrument das Gewicht der Luft bestimmte, gelangte man gleichzeitig in Deutschland auf einem ganz

Erfindung des Barometers durch Torricelli.

Digitized by Google

anderen Wege zu demselben Ziel, ein merkwürdiges Zusammentreffen, wie wir indessen ein solches öfters in der Geschichte der Wissenschaften finden. Im Jahre 1650 erfand Otto von Guericke, Bürgermeister von Magdeburg, die Luftpumpe, mit deren Hülfe man die Luft aus einer Glasglocke, dem sogenannten Recipienten, entfernen und einen fast völlig leeren Raum herstellen kann. In demselben Jahre wog der glückliche Erfinder einen Glasballon zunächst mit der darin befindlichen Luft, und alsdann nochmals, nachdem er ihn mit Hülfe der Luftpumpe entleert hatte. Der leere Ballon wog leichter, als der lufterfüllte, und verlor für jedes



Guericke's Experiment.

Liter seines Inhaltes 1,29 Gramm an Gewicht. Ein ähnliches Experiment hatte schon Aristoteles angestellt, als er untersuchte, ob die Luft ein Gewicht besitze. Er wog einen leeren Schlauch, blies ihn darauf mit Luft auf und wog ihn abermals. Da er in beiden Fällen dasselbe Gewicht erhielt, so folgerte er, daß die Luft gewichtslos sei. Diese Ansicht erhielt sich während der ganzen Zeit, in welcher die peripatetische Philosophie die herrschende war, und nur eine geringe Zahl von Gelehrten theilten diesen Irrthum nicht. Wenn Aristoteles ein falsches Resultat erhielt, so lag dies daran, daß der Schlauch bei beiden Versuchen ein verschiedenes Volumen hatte. Bekannt ist die von Archimedes zuerst constatirte Thatsache, daß ein jeder Körper beim Eintauchen in Wasser so viel an seinem Gewichte ver-

liert, als das verdrängte Wasser wiegt. Weniger bekannt möchte es sein, daß ganz Aehnliches von jedem Körper gilt, der sich in einem mit Luft erfüllten Raume befindet: auch hier verliert der Körper so viel an seinem Gewichte, als die verdrängte Luft wiegt. Nehmen wir an, daß 3 Liter Luft in den Schlauch hineingeblasen wurden, so mußte sein Gewicht um 4 Gramm zunehmen; allein der Schlauch blähte sich auf und nahm einen um 3 Liter größeren Raum ein. Da nun die durch diese Raumzunahme verdrängte Luft 4 Gramm wog, so war der Gewichtsverlust gleich der Gewichtszunahme, und Aristoteles mußte daher für den leeren und den aufgeblähten Schlauch dasselbe Gewicht erhalten. Bei dem Experimente Guerickes dagegen nahm der Ballon bei beiden Wägungen denselben Raum ein, und da der Gewichtsverlust, den er durch das Verdrängen der Luft erlitt,

Magdeburger Halbkugeln.

beide Male derselbe war, so mußte der Unterschied zwischen dem Gewichte des gefüllten und des luftleeren Ballons das Gewicht der Luft selbst angeben.

In demselben Jahre construirte Guericke die sogenannten Magdeburger Halbkugeln, zwei hohle, kupferne Halbkugeln, welche luftdicht an einander schließen. Die eine besitzt ein Hahnstück, das sich an den Teller der Luftpumpe anschrauben läßt, die andere einen Ring, der zur Handhabe beim Auseinanderreißen dient. So lange die Höhlung der aneinandergepreßten Halbkugeln mit Luft erfüllt ist, lassen sie sich leicht auseinander nehmen, da die Luft gleichmäßig auf die innere und äußere Fläche drückt; hat man aber die Höhlung luftleer gemacht, so kann man sie nur mit Aufbietung großer Kraft von einander trennen. Als Guericke Halbkugeln von 65 Centimeter Durchmesser anwandte, waren vier kräftige Pferde nicht im Stande, sie von einander zu reißen.

Der Druck, den die Atmosphäre auf jeden Quadratcentimeter Fläche ausübt, ist gleich dem Gewicht einer Quecksilbersäule von ein Quadratcentimeter Grundfläche und 76 Centimeter Höhe, was etwas mehr als 2 Pfund ergiebt. Da nun die

Oberfläche eines Menschen von mittlerer Größe ungefähr $1\frac{1}{2}$ Quadratmeter, d. h. 15,000 Quadratcentimeter beträgt, so ist jeder von uns mit einem Gewichte von 30,000 Pfund belastet. Wenn wir durch diesen ungeheuren Druck nicht zerquetscht werden, so hat dies seinen Grund darin, daß die Luft von allen Seiten denselben Druck ausübt. Sie dringt in alle Höhlungen unseres Körpers ein, so daß wir ganz mit Luft durchzogen sind und überall Druck und Gegendruck einander gleich sind und sich daher aufheben. Wäre dies nicht der Fall, so müßten die Gewebe unseres Körpers zerreißen, wie sich durch folgendes Experiment zeigen läßt. Wir setzen einen Glascylinder, welcher an dem einen Ende luftdicht mit Thierblase überbunden ist, mit dem anderen glatt abgeschliffenen Ende auf den Teller der

Zersprengung einer Blase.

Luftpumpe. So bald wir die Luft auspumpen, wird die Blase durch den Druck der äußeren Luft nach Innen getrieben und platzt zuletzt mit einem lebhaften Knall. Das Umgekehrte findet statt, wenn man den äußeren Druck vermindert. Setzt man einen Vogel unter die Glocke, so sieht man beim Auspumpen den Körper sich aufblähen und das Blut hervordringen; schließlich stirbt das kleine Wesen, indem es gewissermaßen durch eine der vorigen entgegengesetzte Explosion getödtet wird. Etwas Aehnliches empfindet der Luftschiffer, wenn der Ballon sehr bedeutende Höhen erreicht hat: die Glieder schwellen an, und das Blut strebt aus der Haut hervorzuspritzen, weil das Gleichgewicht zwischen dem inneren und äußeren Luftdruck aufgehoben ist.

Ein einfaches unterhaltendes Experiment zeigt recht anschaulich die Wirkungen des Luftdrucks. Füllt man ein Glas mit Wasser und drückt auf den oberen Rand ein Blatt Papier, so kann man das Glas umkehren, ohne daß das Wasser ausfließt, da die Luft das Papier gegen das Glas preßt. Bei Abwesenheit das Papierblattes würden die einzelnen Theile der Flüssigkeit dem Gesetze der Schwere

folgen und ausfließen, während gleichzeitig Luft in das Gefäß eindränge. Hat das letztere eine sehr kleine Oeffnung, so wirkt die Adhäsion des Wassers an den Wänden in ähnlicher Weise und das Papierblatt ist überflüssig. So strömt eine Flüssigkeit aus einem gefüllten Faße nicht aus, wenn nur eine kleine Oeffnung in dasselbe gebohrt ist, und man muß daher oben durch eine zweite Oeffnung der Luft den Zutritt ermöglichen. Der bekannte Stechheber wirkt nach demselben Princip. Manche Thiere haften vermittelst des Luftdruckes fest an anderen Körpern. Die Napfschnecke (patella vulgata) z. B. schafft durch Zusammenziehen des Leibes einen luftleeren Raum unter sich und hängt nun so fest an Steinen, daß man sie nur mit Mühe abreißen kann. In ähnlicher Weise heftet sich die gewöhnliche Stubenfliege an die glattesten Gegenstände, selbst an die Decke des Zimmers, indem sie das Innere ihrer Fußballen einzieht und so eine luftleere Höhlung hervorbringt.

Das umgekehrte Glas.

Dies sind die hauptsächlichsten Thatsachen und Experimente, welche beweisen, daß die Luft ein Gewicht besitzt, und welche zu der Erfindung des Instrumentes geführt haben, mit welchem wir den Luftdruck messen. Sehen wir jetzt, wie sich dieser Druck an den einzelnen Stellen einer bis zu den Grenzen der Atmosphäre reichenden Luftsäule verhält.

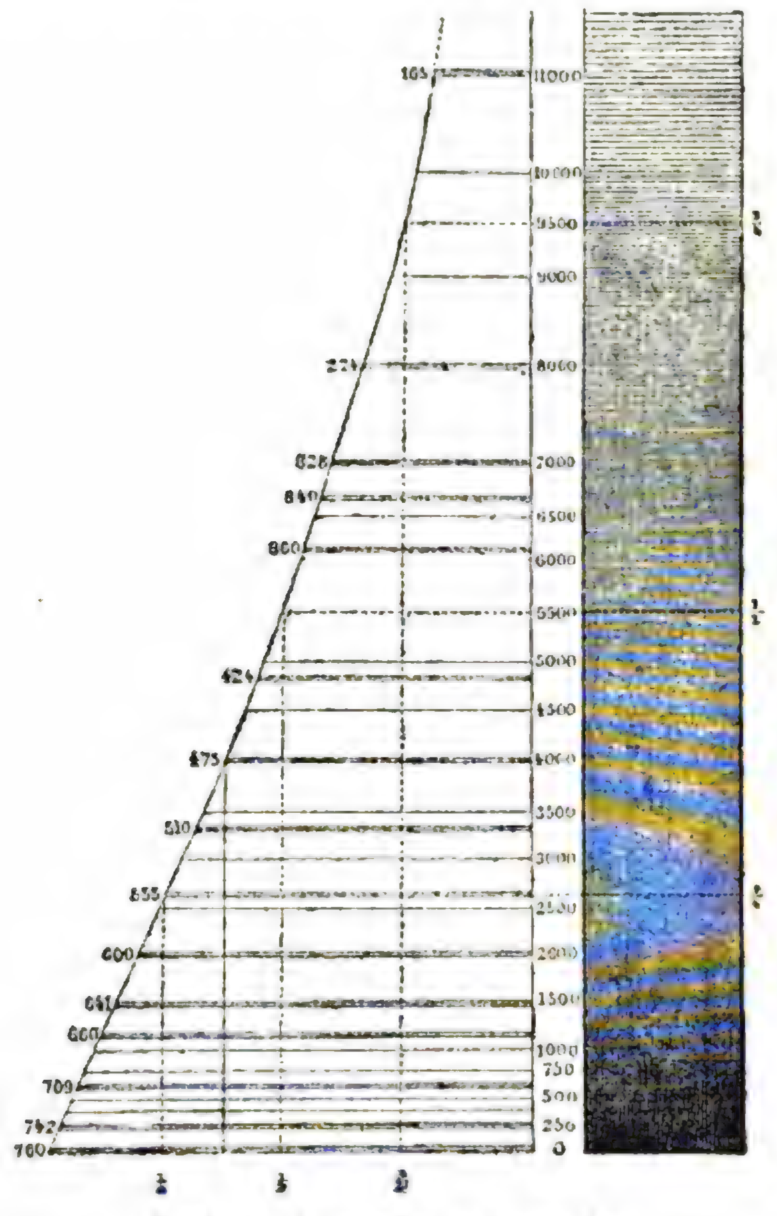
Am Grunde des Luftmeeres wird der mittlere Luftdruck durch eine Quecksilbersäule von 760 Millimeter (28 Zoll) Länge im Gleichgewicht gehalten, wobei die Weite des Barometerrohrs gleichgültig ist. Zahlreiche Experimente der geschicktesten Physiker haben unwiderleglich dargethan, daß die Luft bei Null Grad und unter einem Druck von 760 Millimeter 10,509 mal leichter ist als Quecksilber, d. h. daß 10,509 Cubikcentimeter Luft ebenso schwer sind, wie ein Cubikcentimeter Quecksilber. Hieraus folgt, daß man sich $10^1/_2$ Meter hoch in die Luft erheben muß, wenn das Quecksilber im Barometer um ein Millimeter fallen soll. Wären die Luftschichten überall von derselben Dichtigkeit, so könnte man hiernach aus Barometerbeobachtungen nicht nur die Meereshöhe des Beobachtungsortes bestimmen, sondern auch die Höhe der ganzen Atmosphäre berechnen. Die letztere würde

man finden, wenn man $10^1/_2$ Meter mit 760 multiplicirte, wobei man als Resultat 7986 Meter oder etwas über eine Meile erhalten würde. Da nun aber die Dichtigkeit der Luft bei wachsender Höhe abnimmt, so wird an höher gelegenen Punkten die Luftschicht, deren Druck durch ein Millimeter Quecksilber gemessen wird, dicker sein als $10^1/_2$ Meter und zwar um so dicker, je höher man aufgestiegen ist. Halley hat zuerst eine Formel aufzustellen gesucht, mittelst deren man aus Barometerbeobachtungen den Höhenunterschied zweier Orte berechnen kann. Er bewies nämlich mit Hülfe des Mariotteschen Gesetzes, daß die Dichtigkeit der Luft in geometrischer Progression abnimmt, wenn die Höhe in arithmetischer Progression zunimmt. Später gab La Place eine andere Formel, welche in Hinsicht der Genauigkeit der Resultate nichts zu wünschen übrig läßt. Begreiflicher Weise ist nicht blos der Barometerstand an den beiden betreffenden Stationen zu beobachten, sondern es muß auch auf die augenblickliche Temperatur und die Feuchtigkeit der Luft Rücksicht genommen, ja sogar die geographische Breite in Betracht gezogen werden, da die Schwerkraft nicht an allen Punkten der Erde mit derselben Stärke wirkt. Soll die Höhe eines Berges gemessen werden, so beobachten zwei Personen, die eine auf dem Gipfel, die andere am Fuße des Berges, in demselben Augenblicke Barometer und Thermometer. Auch ein einzelner Beobachter kann den Höhenunterschied zweier nicht sehr weit von einander entfernter Punkte bestimmen, wenn er nach einander an beiden Stationen seine Instrumente abliest und dann am Ausgangspunkte nach seiner Rückkehr die Beobachtung wiederholt, um die inzwischen eingetretene Veränderung des Luftdrucks zu ermitteln und hiernach die nöthigen Correctionen vorzunehmen. Kennt man aus einer langen Reihe von Beobachtungen den mittleren Stand des Barometers und Thermometers für einen gegebenen Ort, so kann man leicht die Höhe des letzteren über dem Meeresspiegel berechnen.

Uebrigens nimmt der Luftdruck bei wachsender Höhe rasch ab. Während der Barometerstand am Meeresufer 760 Millimeter beträgt, ist er auf der Pariser Sternwarte in 65 Meter Höhe noch 756, auf dem Gipfel des Aetna bei 3320 Meter Höhe nur noch 510 Millimeter. Als Glaisher im Luftballon zu der ungeheuren Höhe von 11,000 Meter (über 34,000 Fuß) aufstieg, sank das Barometer auf 165 Millimeter, d. h. bis auf den fünften Theil seines gewöhnlichen Standes. Die große Zahl barometrischer Beobachtungen, die theils bei Besteigungen von Bergen, theils bei Luftfahrten gemacht worden sind, ermöglicht es uns, diese Abnahme des Luftdrucks durch eine krumme Linie, sowie durch hellere und dunklere Schattirung darzustellen. Die horizontale Linie am unteren Theile der Figur bezeichnet den Barometerstand von 760 Millimeter am Meeresufer. Jede andere horizontale Linie entspricht dem Barometerstande, welcher in der auf der verticalen angegebenen Höhe beobachtet wird. Man sieht, daß bei 2500 Meter der Druck

auf drei Viertel, bei 5500 auf die Hälfte und bei 9500 Meter auf ein Viertel reducirt ist.

Die Annahme, daß der mittlere Barometerstand am Meeresufer 760 Millimeter beträgt, ist nicht für alle Theile der Erde richtig. Unter dem Aequator zeigt das

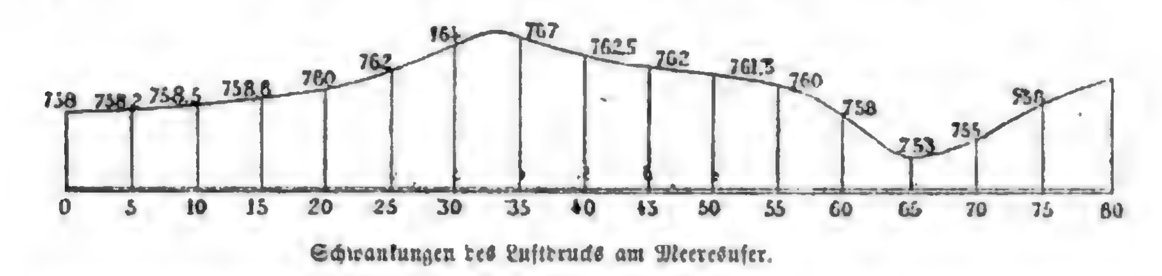



Abnahme des Luftdrucks mit zunehmender Höhe.

Barometer am Ufer des Meeres nur 758 Millimeter; dieser mittlere Barometerstand wächst bis zum 33. Breitengrade, wo er 766 Millimeter beträgt, nimmt wieder ab bis auf 762 unter dem 43. und erhält sich auf dieser Höhe bis zum 48. Breitengrad. Von da an nimmt er weiter ab bis auf 753 Millimeter unter dem 64. Grade, um nun wieder zu wachsen. Auf Spitzbergen, dem nördlichsten Punkte, dessen mittleren Barometerstand wir kennen, beträgt derselbe 758 Milli-

Digitized by Google

meter. Die nebenstehende, nach den Beobachtungen von Humboldt, John Herschel, Beechey, Poggendorf und Erman entworfene Figur veranschaulicht diese Schwankungen des Luftdrucks, welche wahrscheinlich durch die Passatwinde und die Strömungen in den oberen Luftschichten hervorgerufen werden. Man begreift leicht, daß die geographische Breite auf den Luftdruck von Einfluß sein muß, da die Temperatur, die Größe der Schwerkraft und die Schwungkraft sich mit ihr ändern; schwerer ist der Einfluß der geographischen Länge zu erklären, der unzweifelhaft stattfindet. So ist beispielsweise der Luftdruck über dem atlantischen Ocean $3^1/_2$ Millimeter größer als unter derselben Breite über dem stillen Ocean. Verbindet man auf einer Karte alle Orte, welche denselben mittleren Barometerstand haben, so erhält man ein System von Linien, welche Isobaren genannt werden.



Schwankungen des Luftdrucks am Meeresufer.

Im Vorhergehenden haben wir in allgemeinen Umrissen eine Skizze von dem Gewicht der Luft und ihrem Druck auf die kugelförmige Erdoberfläche entworfen, wobei wir von den täglichen und stündlichen Aenderungen abgesehen haben. Bis jetzt betrachteten wir nämlich die Luft im Zustande der Ruhe, später werden wir ihre Bewegungen als horizontale, verticale und schräge Strömungen kennen lernen. Durch solche Luftverschiebungen muß für einen gegebenen Ort der Luftdruck und hiermit der Barometerstand sich unaufhörlich verändern. Die Sonnenwärme ruft regelmäßige tägliche und jährliche Schwankungen hervor, deren Größe sich mit der geographischen Breite ändert. Da nun die Wärme und die Luftströmungen vorzugsweise die Witterung bedingen, so muß eine Witterungsänderung sich durch das Steigen oder Fallen des Barometers ankündigen. Alle diese Schwankungen sollen später besprochen werden; hier wollen wir nur noch das gesammte Gewicht der Atmosphäre bestimmen.

Unter dem Titel: „Wie schwer wiegt die ganze Luftmasse, welche die Erde umgiebt?" hat Pascal, als er sich mit seinen berühmten Experimenten über den Luftdruck beschäftigte, eine kleine Schrift veröffentlicht, welche in ebenso einfacher als interessanter Weise die Antwort auf die angeregte Frage giebt. „Wir sehen aus diesen Experimenten, sagt er, daß die Luft am Meeresufer gerade so viel wiegt, wie eine Wasserschicht von fast 32 Fuß Höhe. Nun ist zwar die Luft auf den Gipfeln der Berge leichter, als in der Ebene, und der Luftdruck an der Meeresküste nicht überall derselbe; dennoch werden wir der Wahrheit sehr nahe kommen,

wenn wir annehmen, daß der Luftdruck im Durchschnitt überall gleich dem Gewichte einer Wasserschicht von 32 Fuß Höhe ist. Wollten wir daher die ganze Luftmasse, welche mit ihrem Gewicht auf der Erde lastet, durch eine ebenso schwere Flüssigkeitsschicht von der Dichtigkeit des Wassers ersetzen, so müßte diese Flüssigkeit nur eine Höhe von 32 Fuß haben. Da nun die ganze Erdoberfläche 3711 Billionen Quadratfuß groß ist, so würde diese Wassermasse ein Volumen von 118,752 Billionen Kubikfuß haben. Nun wiegt ein Kubikfuß Wasser $62^1/_3$ Pfund, mithin erhalten wir als Gewicht der ganzen Wassermasse fast 8 Trillionen Pfund. Dies wäre also das Gewicht der Atmosphäre. So ungeheuer dasselbe erscheinen mag, so sei noch hinzugefügt, daß das Gewicht der Erde noch 1,100,000 mal größer ist, als das der Luft." Dies von Pascal gewonnene Resultat weicht nur wenig von neueren Berechnungen ab, welche der Atmosphäre ein Gewicht von 10 Trillionen Pfund geben. Wäre die ganze Luftmasse zu einer Kugel vereinigt, so würde diese gerade so schwer sein, wie eine Kugel von Kupfer, die einen Durchmesser von 13 Meilen und einen Umfang von 40 Meilen hätte. Man sieht, das Gewicht der Luft ist keineswegs unbeträchtlich, und wenn wir dies beachten, so werden wir später, wenn von den Winden die Rede sein wird, es erklärlich finden, daß die im Sturme dahinsausenden Luftmassen gewaltige Verheerungen anrichten.

---

## Viertes Capitel.

### Die chemische Zusammensetzung der Luft.

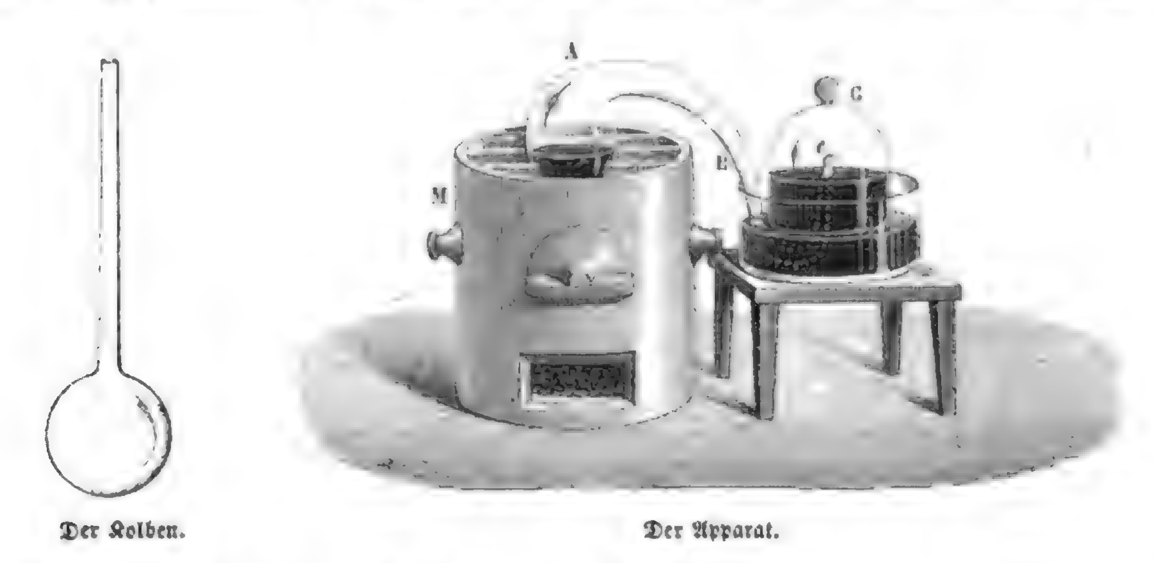
Die Wissenschaft verdankt dem großen französischen Chemiker Lavoisier die Entdeckung von der chemischen Zusammensetzung der Luft. Hören wir, wie er selbst seine merkwürdigen Untersuchungen beschreibt.

„Unsere Atmosphäre, sagt er, muß durch die Vereinigung aller derjenigen Stoffe gebildet worden sein, welche bei dem heutigen Wärmezustand und dem heutigen Luftdruck den gasförmigen Zustand annehmen. Diese Luftarten bilden ein Gemenge, welches fast gleichförmig ist in allen bis jetzt vom Menschen erreichten Höhen, und dessen Dichtigkeit dem darauf lastenden Druck umgekehrt proportional ist; allein es ist möglich, daß eine oder mehrere Schichten von ganz anderen Gasen über dieser ersten Luftschicht lagern. Welches ist nun die Anzahl und die Natur der Gasarten, welche diese untere Luftschicht bilden, in welcher wir athmen?"

Nachdem er nun ausgeführt, daß die Chemie diese Frage auf analytischem und synthetischem Wege lösen könne, beschreibt er seine berühmten Experimente folgendermaßen:

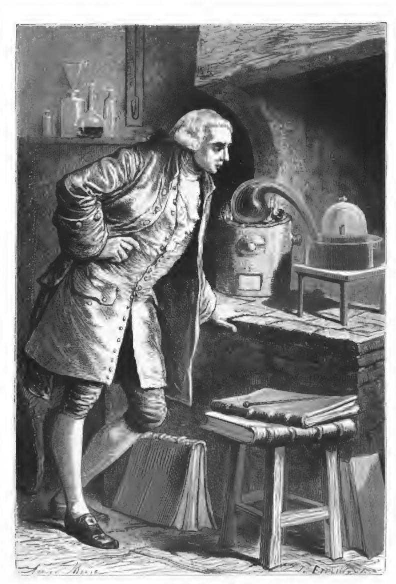
„Ich nahm einen Kolben von 36 Kubikzoll Inhalt, dessen Hals sehr lang war und einen Durchmesser von 6—7 Linien hatte. Ich bog den Hals um, so daß der Kolben auf einen Glühofen gesetzt werden konnte, während das Ende e des Halses sich unter die auf eine Quecksilberwanne gestellte Glocke G führen ließ. In den Kolben gab ich 4 Unzen sehr reinen Quecksilbers, führte dann ein Saugerohr unter die Glocke G und sog an demselben, so daß das Quecksilber bis L stieg. Diese Höhe bezeichnete ich genau durch einen Papierstreifen, den ich an die Glocke leimte, und beobachtete nun Thermometer und Barometer. Hierauf zündete ich das Feuer im Ofen an und unterhielt dasselbe während 12

Tagen, so daß das Quecksilber fortwährend bis nahe an seinen Siedepunkt erhitzt war. Während des ganzen ersten Tages zeigte sich nichts Auffälliges. Obwohl das Quecksilber nicht siedete, so war es doch fortwährend in Verdampfung begriffen; das Innere des Gefäßes bedeckte sich mit sehr feinen Tröpfchen, die allmählig wuchsen, und wenn sie eine gewisse Größe erreicht hatten, von selbst in das Gefäß zurückfielen und sich mit dem Reste der Flüssigkeit vermischten. Am



Der Kolben. Der Apparat.

zweiten Tage sah ich zuerst kleine rothe Partikelchen auf der Oberfläche des Quecksilbers schwimmen, welche während der nächsten vier oder fünf Tage an Zahl und Größe zunahmen, worauf sie zu wachsen aufhörten und in demselben Zustande verharrten. Als ich nach zwölf Tagen sah, daß die Calcination des Quecksilbers durchaus keinen weiteren Fortgang hatte, löschte ich das Feuer und ließ die Gefäße erkalten. Vor dem Beginne des Experimentes nahm die Luft, die sich in dem Kolben, dem gebogenen Halse und dem leeren Theile der Glocke befand, ungefähr 50 Kubikzoll Raum ein. Nach dem Versuche betrug ihr Volumen nur noch 42—43 Kubikzoll, so daß es sich etwa um ein Sechstel vermindert hatte. Ich sammelte nun sorgfältig die Partikelchen der rothen Masse, trennte sie so gut wie möglich von dem flüssigen Quecksilber, welches ihnen anhing, und fand ihr Gewicht zu 45 Gran. Die zurückbleibende durch die Calcination des Quecksilbers auf fünf Sechstel ihres Volumens reducirte Luft war nicht mehr tauglich, das Athmen oder die Verbrennung zu unterhalten; denn Thiere, die hineingebracht wurden, starben nach wenig Augenblicken, und eine brennende Kerze erlosch, als ob sie in Wasser getaucht worden wäre. Nun brachte ich die 45 Gran der rothen Masse, welche sich während der Operation gebildet hatte, in eine sehr kleine Retorte und verband die letztere mit einem Apparat, der geeignet war, die flüssigen oder luftförmigen Producte aufzufangen, die sich möglicher Weise bei dem Erhitzen entwickeln könnten.



Analyse der Luft durch Lavoisier.

Digitized by Google

Sobald ich das Feuer angezündet hatte, bemerkte ich, daß die rothe Masse bei fortschreitender Erhitzung eine immer dunklere Farbe annahm. Als darauf die Retorte fast bis zum Glühen erhitzt war, begann die rothe Masse allmählig an Volumen abzunehmen und war nach einigen Minuten völlig verschwunden. Gleichzeitig verdichteten sich in dem Recipienten 41½ Gran Quecksilber, und unter der Glocke sammelten sich 7—8 Kubikzoll einer Luftart an, welche das Athmen und das Verbrennen weit kräftiger unterhielt, als die atmosphärische Luft. Ich ließ einen Theil dieses Gases in eine Röhre von einem Zoll Durchmesser treten und tauchte eine brennende Kerze hinein, welche sofort einen blendenden Glanz entwickelte; eine glimmende Kohle, die sich in der gewöhnlichen Luft langsam verzehrt, entzündete sich in dem Gase wie Phosphor und brannte mit so intensivem Lichte, daß das Auge es kaum zu ertragen vermochte. Dies Gas, welches Priestley, Scheele und ich fast zu gleicher Zeit entdeckt haben, wurde von dem ersteren dephlogistisirte Luft, von dem zweiten Feuerluft genannt. Ich nannte es Lebensluft.

Wenn man den Vorgang näher betrachtet, so sieht man, daß das Quecksilber bei seiner Calcination den athembaren Theil der Luft verschluckt, und daß die zurückbleibende Luft eine Art von bösem Schwaden bildet, der ungeeignet ist, den Athmungs- und Verbrennungsproceß zu unterhalten. Die atmosphärische Luft ist mithin aus zwei Gasen von ganz verschiedenem oder gewissermaßen entgegengesetztem Charakter zusammengesetzt. Diese wichtige Wahrheit läßt sich folgendermaßen beweisen. Mischt man die beiden Gase, welche man getrennt erhalten hatte, d. h. die 42 Kubikzoll nicht athembarer Luft und die 8 Kubikzoll athembarer Luft, so erhält man ein Gemenge, welches in jeder Hinsicht der atmosphärischen Luft gleicht und in demselben Grade, wie diese, den Athmungs- und Verbrennungsproceß unterhält."

An einem andern Orte spricht Lavoisier von den Namen, welche den neu entdeckten Gasen zu geben seien. Um das Folgende zu verstehen, muß man festhalten, daß er und seine Zeitgenossen die Wärme als einen besonderen Stoff betrachteten, welcher sich mit anderen Stoffen verbinden und neue Körper bilden könne. Das Eis ist für ihn Wasser, welches seines Wärmestoffes beraubt ist; Sauerstoff und Stickstoff sind Verbindungen der Wärme mit einem unbekannten Stoff, den er die Basis der Verbindung nennt.

„Da die Temperatur unseres Planeten, sagt er, dem Punkte nahe liegt, an welchem das Wasser aus dem flüssigen in den festen Zustand und umgekehrt übergeht, und da wir diesen Vorgang sich oft genug vor unseren Augen vollziehen sehen, so kann es nicht Wunder nehmen, daß man in allen Climaten, wo noch eine Art von Winter stattfindet, dem Wasser, welches aus Mangel an Wärmestoff fest geworden ist, einen eigenen Namen gegeben hat. Wir hielten es nicht für statthaft, Namen zu verändern, welche durch Jahrhundert langen Gebrauch

geheiligt sind; wir verstehen daher unter Wasser und Eis dasselbe, was man im gewöhnlichen Leben mit diesen Worten benennt, und bezeichnen mit Luft das Gemenge der Luftarten, welche unsere Atmosphäre bilden.

Die neuen Namen haben wir vorzugsweise dem Griechischen entlehnt und so gewählt, daß ihre Etymologie den Charakter der durch sie bezeichneten Stoffe angiebt; vor Allem haben wir uns befleißigt, die Benennungen so kurz wie möglich zu wählen.

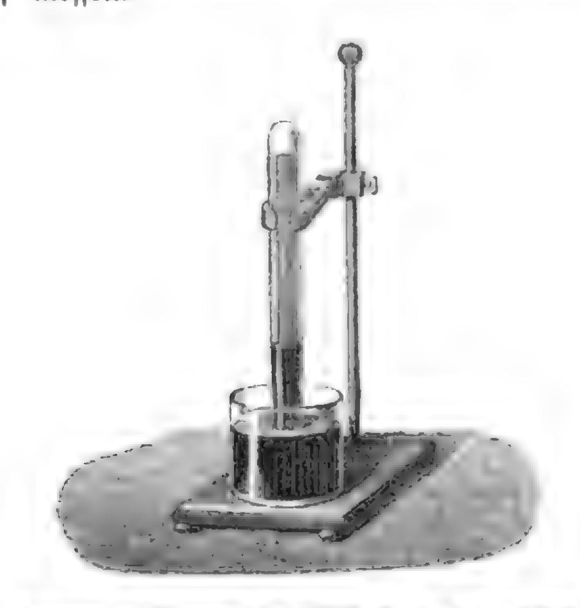
Zunächst haben wir den schon von van Helmont gebrauchten Ausdruck Gas beibehalten und bezeichnen mit diesem Namen die große Classe der luftförmigen, elastischen Fluida.

Die atmosphärische Luft ist der Hauptsache nach aus zwei Gasen zusammengesetzt. Das eine ist athembar und unterhält das Leben der Thiere; in ihm calciniren sich die Metalle und in ihm kann eine Flamme brennen. Das andere hat genau die entgegengesetzten Eigenschaften, es ist nicht athembar und unterhält die Verbrennung nicht. Die Basis der athembaren Luft haben wir Oxygenium genannt (vom griechischen ὀξύς, sauer, und γείνομαι, erzeugen), weil sie in hervorragendem Grade die Eigenschaft besitzt, sich mit der Mehrzahl der Nichtmetalle zu Säuren zu verbinden. Unter Oxygengas (Sauerstoff) verstehen wir daher die Verbindung dieser Basis mit dem Wärmestoffe. Bei einer Temperatur von 10 Grad und einem Barometerstande von 28 Zoll wiegt ein Kubikfuß dieses Gases $1^1/_2$ Unzen. Da die chemischen Eigenschaften des nicht athembaren Theils der Atmosphäre noch wenig bekannt sind, so haben wir uns begnügt, den Namen der Basis an die Thatsache zu knüpfen, daß das Gas alles thierische Leben erstickt. Wir haben sie Azot genannt (von dem griechischen α privativum und ζωτικός, das Leben erhaltend); der nicht athembare Theil der Atmosphäre ist daher azotisches Gas (Stickstoff). Ein Kubikfuß desselben wiegt 1 Unze 2 Quentchen und 48 Gran."

Durch diese Experimente, welche im Jahre 1777 angestellt wurden, war die Natur unserer Luft im Wesentlichen ergründet. Genau wurde ihre Zusammensetzung übrigens erst in unserem Jahrhundert ermittelt. Die erste genaue Analyse der Luft wurde vor etwa 50 Jahren von Gay-Lussac und Humboldt mit Hülfe des Eudiometers ausgeführt, einem Instrumente, in welchem man Wasserstoff mit der gewöhnlichen Luft vermischt und das Gemenge mit Hülfe eines electrischen Funkens entzündet. Waren hierbei Luft und Wasserstoff zu gleichen Raumtheilen mit einander gemengt, so verschwindet der in der Luft enthaltene Sauerstoff, indem er sich mit Wasserstoff zu Wasser verbindet, und es bleibt ein Gemenge von Stickstoff und überschüssigem Wasserstoff zurück. Da der Wasserstoff sein halbes Volumen Sauerstoff erfordert, um Wasser zu bilden, so folgt, daß der in der abgesperrten und gemessenen Luftmenge enthaltene Sauerstoff dem dritten Theile des entstandenen Gasverlustes gleichkommt. Vorausgesetzt ist hierbei, daß die Luft und der

Wasserstoff, sowie das nach der Verpuffung zurückbleibende Gasgemenge bei derselben Temperatur gemessen und die Gase vor der Verpuffung mit Feuchtigkeit gesättigt waren. Gay-Lussac und Humboldt fanden, daß die Luft in hundert Raumtheilen 21 Theile Sauerstoff und 79 Theile Stickstoff enthält. Diese Analyse ist später von fast allen Chemikern wiederholt worden, um die Veränderungen zu ermitteln, welche das Leben der Thiere und Pflanzen in der Zusammensetzung der Luft möglicherweise hervorrufen kann.

Man kann den Sauerstoff und Stickstoff auch durch ein einfaches Experiment trennen. Bringt man in eine Röhre, welche ein über Quecksilber abgemessenes Luftvolumen enthält, eine lange Phosphorstange, so ist nach 6—7 Stunden der Sauerstoff verzehrt, und man kann die Phosphorstange zurückziehen und den übrig gebliebenen Stickstoff messen.

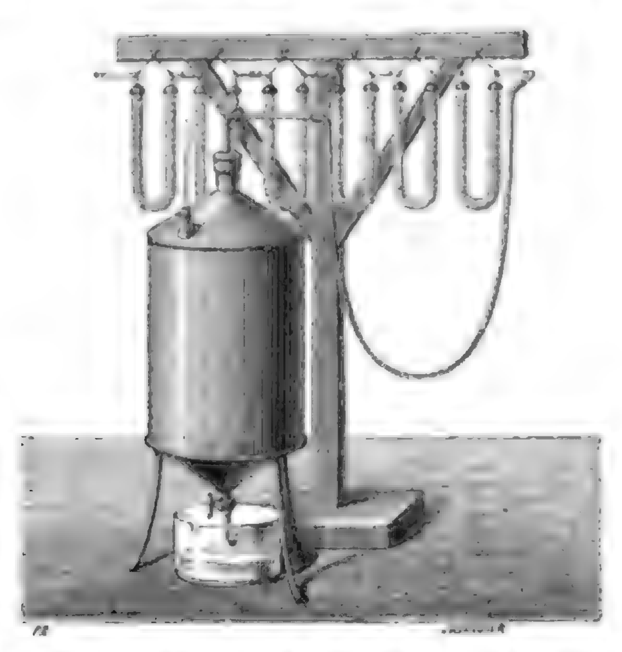


Apparat zur Trennung des Stickstoffes vom Sauerstoff.

Eine andere Methode ist von Dumas und Boussingault erfunden. Sie bestimmten den Sauerstoff- und Stickstoffgehalt der Atmosphäre dem Gewichte nach, was weit genauere Resultate giebt, als wenn man die immer nur geringen Gasvolumina, welche bei den vorigen Methoden zur Verwendung kommen, mißt. Sie kamen zu dem Resultate, daß die in der Luft enthaltenen Mengen von Sauerstoff und Stickstoff sich dem Gewichte nach wie 23 : 77 und dem Volumen nach wie 20,8 : 79,2 verhalten. Die Verschiedenheit beider Verhältnisse wird nicht auffallen, wenn man bedenkt, daß der Sauerstoff ein wenig schwerer ist, als ein gleiches Volumen Stickstoff.

Außer diesen beiden Hauptbestandtheilen enthält nun aber die Luft noch andere Stoffe, wenn auch in viel geringerer Menge. Es sind dies zunächst Kohlensäure und Wasserdampf. Ihre Menge läßt sich mit Hülfe eines von Boussingault

construirten Apparates bestimmen. Ein Gefäß von Eisenblech ist mit Wasser gefüllt und läßt sich durch einen am Boden angebrachten Hahn entleeren. Das abfließende Wasser wird durch Luft ersetzt, die von Außen einströmt, aber sechs gebogene Röhren passirt, bevor sie in das Gefäß gelangt. Die beiden ersten Röhren sind mit Bimssteinstückchen gefüllt, welche mit Schwefelsäure befeuchtet sind; die durchstreichende Luft giebt hier ihren Wassergehalt an die Schwefelsäure ab. Die beiden mittleren Röhren enthalten concentrirte Kalilauge, welche der Luft die Kohlensäure entzieht. Die beiden letzten Röhren sind wieder mit Bimssteinstücken gefüllt, welche mit Schwefelsäure befeuchtet sind; die vorletzte soll der Luft die Feuchtigkeit entziehen, welche sie beim Durchgang durch die Kalilauge



Apparat zur Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Luft.

möglicherweise angenommen hat, und die letzte endlich soll verhindern, daß die in dem Gefäß befindliche und dort abermals feucht gewordene Luft diese Feuchtigkeit auf die ersten Röhren übertrage. Die sämmtlichen Röhren sind vor dem Beginne des Experimentes gewogen worden. Läßt man nun das Wasser ganz ausfließen und wiegt die Röhren abermals, so giebt die Gewichtszunahme der betreffenden Röhren das Gewicht des Wasserdampfes und der Kohlensäure, welche in einer Luftmenge enthalten sind, die mit dem Gefäß gleichen Rauminhalt hat.

Während Sauerstoff und Stickstoff permanente Gase sind und sich weder durch Druck noch durch Abkühlung zu Flüssigkeiten verdichten lassen, kann man die Kohlensäure, welche in veränderlichen aber stets nur sehr geringen Mengen in der Atmosphäre vorhanden ist, durch starken Druck und große Abkühlung in eine Flüssigkeit und selbst in einen festen Körper verwandeln. Im letzteren Falle bildet sie eine lockere, schneeähnliche Masse, die bei der Berührung auf die Haut ähnlich

wie ein glühender Körper wirkt, indem die Kälte die Oberhaut gerade so zerstört, wie die Hitze.

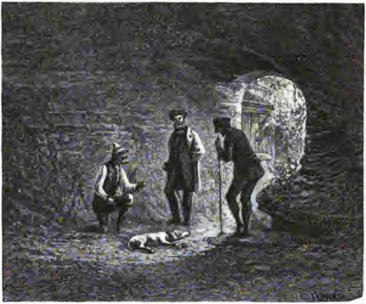
Die geringe Menge von Kohlensäure, welche sich für gewöhnlich in der Luft befindet, ist durchaus nicht nachtheilig für die Gesundheit; enthält die Luft aber größere Quantitäten dieses Gases, so wird sie untauglich zum Athmen und ein längerer Aufenthalt in solcher Luft führt den Tod durch Erstickung herbei. In vulcanischen Gegenden strömen oft große Mengen von Kohlensäure aus dem Boden in die Luft. Als Boussingault die Krater der südamerikanischen Vulcane untersuchte, zeigte man ihm eine Stelle, an welcher Thiere nicht ungefährdet verweilen konnten; es war dies der Tunguravilla, welcher nahe bei dem Tunguragua liegt und welchen Boussingault im December 1831 besuchte. „Unsere Pferde, sagt er, verriethen durch ihr Benehmen, daß wir uns der bezeichneten Stelle näherten; sie gehorchten dem Sporn nicht mehr und hoben den Kopf unter kurzen Sprüngen, die für den Reiter keineswegs angenehm waren. An der Erde lagen zahlreiche todte Vögel, unter ihnen ein prachtvoller Auerhahn, den unsere Führer als gute Beute mitnahmen. Auch mehrere Schlangen und eine große Zahl von Schmetterlingen lagen erstickt umher. Ein alter Quinchua-Indianer, der uns begleitete, meinte, wenn man lange und recht ruhig schlafen wolle, so müßte man sein Lager auf dem Tunguravilla aufschlagen."

Das hier und an ähnlichen Orten ausgehauchte Gas ist Kohlensäure, welche mehr oder weniger mit Luft vermischt ist, je nach der Höhe über dem Boden, in welcher man die Luft untersucht.

Die Kohlensäure übt eine directe und tödtliche Wirkung auf das Gehirn und die Nerven aus; hieraus erklärt sich die Gefühllosigkeit, welche sie hervorbringen kann und von welcher alle Reisenden zu erzählen wissen, welche die Hundsgrotte bei Puzzeoli besuchten. Diese Grotte, welche wegen ihrer Aushauchungen von Kohlensäure berühmt ist, liegt an dem Fuße eines sehr fruchtbaren Berges nahe bei dem See von Anagni. Sie gleicht einer kleinen Hütte, welche in den Felsen hineingemeißelt ist, so daß es sich schwer entscheiden läßt, ob sie ein Werk der Natur oder der Menschenhand ist. Sie mißt 9 Fuß in der Länge, 4 Fuß in der Breite und ist gegen 10 Fuß hoch. Der Boden dieser kleinen Höhle besteht nicht aus Felsen, sondern aus einer dunkel gefärbten Erdart; er ist feucht und an einigen Stellen sehr warm. Ueber ihm lagert ein weißlicher Nebel, welcher aus einem Gemisch von Kohlensäure und Wasserdampf besteht. Die Gasschicht hat eine Höhe von 20—60 Centimeter und bildet gewissermaßen eine schiefe Ebene, deren höchster Punkt im Hintergrunde der Grotte liegt. An der Thüre strömt das Gas aus und fließt wie ein Bach den zu der Grotte führenden Fußsteig entlang. Das Auge freilich nimmt diesen Gasstrom nicht wahr, doch kann man sein Vorhandensein dadurch nachweisen, daß man eine brennende Kerze hinein-

senkt, welche sofort von der Kohlensäure ausgelöscht wird; bei ruhiger Luft gelingt dies Experiment in 7—8 Fuß Entfernung von dem Eingang der Höhle.

Da die Kohlensäure weit schwerer ist, als die Luft, so lagert die Gasschicht am Boden, und ein aufrechtstehender Mensch kann längere Zeit in der Grotte verweilen, ohne von der Kohlensäure belästigt zu werden, wogegen Hunde und andere kleinere Thiere sofort durch ihr Verhalten die üblen Wirkungen des Gases zu erkennen geben. Wenn Reisende die Grotte besuchen, welche übrigens durch eine Thür geschlossen ist, so bindet der Wächter der Höhle einem Hunde die



Die Hundsgrotte.

Füße zusammen, um ihn am Weglaufen zu hindern, und legt ihn mitten in die Grotte. Das Thier verräth lebhafte Angst, windet sich unter heftigen Zuckungen und liegt bald wie todt da, worauf sein Herr ihn aus der Höhle hinaus an die freie Luft bringt. Hier kehrt das Thier allmählig in das Leben zurück, ohne daß seine Gesundheit merklichen Schaden gelitten hätte; einer dieser Hunde hat das Experiment drei Jahre lang durchgemacht. Wird der Hund nicht rechtzeitig entfernt, so stirbt er nach etwa 3 Minuten. Eine Katze kann 4 Minuten, ein Kaninchen nur 65 Secunden in der Höhle ausdauern, und selbst der Mensch wird in weniger als 10 Minuten getödtet, wenn er auf dem Boden dieser todtbringenden

Digitized by Google

Grotte liegt. Der Kaiser Tiberius ließ hier zwei Sclaven anfesseln, die sofort starben, und Peter von Toledo, Vicekönig von Neapel, sperrte zwei zum Tode verurtheilte Verbrecher in die Grotte, welche dasselbe Schicksal hatten. Nach der Analyse von St. Claire Deville enthält die Luft der Höhle in 100 Raumtheilen 67,1 Theile Kohlensäure, 6,5 Sauerstoff und 26,4 Stickstoff.

Uebrigens sind noch mehrere Orte bekannt, wo reichliche Mengen von Kohlensäure aus dem Boden strömen. Mehrere verlassene Steinbrüche in der Nähe von Montrouge bei Paris, ja manche Keller in dieser Stadt füllen sich bisweilen mit diesem schädlichen Gase. Am Ufer des Laacher Sees in der Nähe des Rheins und zu Aigueperse in der Auvergne befinden sich zwei Stellen, welche die Kohlensäure in so reichem Maaße aushauchen, daß auf freiem Felde Unglücksfälle vorkommen. Das Gas strömt aus dem Grunde kleiner Vertiefungen hervor, an deren Rande sich eine höchst üppige Vegetation entwickelt hat. Insecten und andere kleine Thiere werden von dem reichen Grün angelockt und fallen erstickt zu Boden; ihre todten Leiber ziehen Vögel herbei, die in gleicher Weise zu Grunde gehen. Endlich kommen die Hirten der Umgegend, welche die Gefahr kennen, holen sich schnell diese Thiere und machen so ohne Anstrengung oft einen ausgiebigen Jagdzug.

Im Mittelalter gaben die Unfälle, welche dies Gas in Höhlen, unterirdischen Gängen, selbst in Brunnen hervorrief, Veranlassung zur Entstehung der wundersamsten Fabeln. Man meinte, diese Orte würden von Dämonen und Kobolden bewohnt, welche unterirdische Schätze bewachten, und deren bloßer Anblick den Tod zur Folge hätte; denn vergebens suchte man Wunden oder die Spuren irgend welcher Verletzungen an den Unglücklichen, welche auf so plötzliche Weise um das Leben gekommen waren.

Außer Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure enthält die Atmosphäre noch eine gewisse Anzahl anderer Substanzen in oft sehr wechselnder Menge. Obenan steht der Wasserdampf, den wir schon erwähnt haben, als wir die sehr empfindliche Methode besprachen, mit Hülfe deren man ihn zugleich mit der Kohlensäure bestimmt. Die Luft enthält zu jeder Zeit und an jedem Orte eine gewisse Menge Wasserdampf in unsichtbarer Gestalt aufgelöst; wenn derselbe in den eigenthümlichen Zustand, den man die Bläschenform nennt, übergeht, so bildet er die Wolken und den Nebel.

Die Menge des Wasserdampfes ist verschieden je nach der Jahreszeit, der Temperatur, der Höhe, der geographischen Breite ꝛc. Indessen vermag die Luft bei derselben Temperatur und demselben Barometerstande nur eine ganz bestimmte Menge Dampf in sich aufzunehmen, und wir nennen sie gesättigt, wenn sie diese größtmögliche Dampfmenge enthält. Ist sie nicht gesättigt, so bestimmt sich der Feuchtigkeitsgrad nach dem Verhältniß zwischen dem wirklich aufgelösten Wasserdampf und der Dampfmenge, welche die Luft höchstens enthalten kann.

Die Tausende von Kubikmetern Wasserdampf, welche hoch in die Luft gehoben die Wolken bilden und als Regen zur Erde zurückströmen, sind der bei Weitem wichtigste Bestandtheil der Atmosphäre in Beziehung auf den Kreislauf des Lebens; deshalb werden wir später dem Wasser ein besonderes Buch widmen. Man hat die Wärmemenge berechnet, welche erforderlich ist, um das Wasser in Dampf zu verwandeln, welches als solcher in der gesammten Atmosphäre enthalten ist. Die jährlich verdampfende Wassermenge kann der Menge des atmosphärischen Wassers gleich gesetzt werden, welches während desselben Zeitraums zur Erde strömt. Vergleicht man nun die Resultate der Beobachtungen, welche in verschiedenen Breiten auf beiden Halbkugeln angestellt sind, so findet man, daß diese Wassermenge 703,435 Kubikkilometer beträgt. Man könnte aus derselben eine Wasserschicht bilden, welche die ganze Erdkugel in einer Höhe von $1\frac{1}{3}$ Meter umhüllte. Die bei der Verdampfung dieser Wasserschicht verwendete Wärme würde hinreichen, um eine fast elf Meter dicke Eisrinde, welche die ganze Erde umgäbe, zu schmelzen. Nach Daltons Rechnung beträgt das Gewicht der atmosphärischen Feuchtigkeit ungefähr den siebenzigsten Theil von dem Gewicht der ganzen Atmosphäre, deren obere Schichten übrigens fast ganz frei von Dampf sind.

Birgt denn die Atmosphäre noch andere Bestandtheile in sich? Unzweifelhaft enthält sie geringe Mengen von Ammoniak, welches theils an Kohlensäure, theils an Salpetersäure und salpetrige Säure gebunden ist. Dasselbe stammt augenscheinlich von der Zersetzung der Pflanzen- und Thierstoffe her, und seine Gegenwart hat eine hohe Bedeutung für die Entwickelung und das Bestehen der Pflanzen. Mehrere Chemiker haben versucht, die Menge desselben genau zu bestimmen, und haben gefunden, daß es nur einige Milliontheile der Luftmasse ausmacht. Die Menge des im Wasser gefundenen Ammoniaks ist noch unbedeutender. Im Meerwasser hat man zwei bis fünf Zehntel Milligramm Ammoniak für das Liter gefunden. Dies ist freilich eine sehr geringe Menge; bedenkt man aber, daß der Ocean fast $\frac{3}{4}$ des Erdkreises bedeckt und eine ungeheure Wassermasse in sich birgt, so kann man ihn als ein gewaltiges Magazin von Ammoniaksalzen betrachten, aus welchem die Atmosphäre ihre Verluste fortwährend ersetzt. Die Flüsse schaffen staunenswerthe Mengen von ammoniakalischen Stoffen in das Meer. Ein Beispiel möge genügen. Nach den Untersuchungen von Desfontaines fließen bei Lauterburg bei mittlerem Wasserstande des Rheins in jeder Secunde 1106 Kubikmeter Wasser vorüber. Ein Liter dieses Wassers enthält mindestens $\frac{17}{100000}$ Gramm Ammoniak, woraus folgt, daß der Rhein in vierundzwanzig Stunden mindestens 32,000 Pfund, d. h. im Jahre zwölf Millionen Pfund Ammoniak bei Lauterburg vorüberführt.

Zu diesen Hauptbestandtheilen der Luft, welche sich stets und überall in ihr vorfinden, kommen nun noch einzelne Stoffe, welche nicht überall in der Luft

enthalten sind, und an einzelnen Orten entweder aus dem Boden strömen, oder sich durch chemische Processe an der Erdoberfläche bilden. Außer Wasserdampf und Kohlensäure, die schon ausführlich besprochen ist, wird in vulkanischen Gegenden auch schweflige Säure und Salzsäure von dem Erdreich ausgehaucht; an anderen Stellen strömt Kohlenwasserstoff in die Luft, jenes Gas, welches wir künstlich aus Steinkohlen erzeugen und zur Beleuchtung verwenden. In der Urzeit begünstigte die größere Wärme des Erdkörpers, sowie die beträchtliche Zahl von Spalten, welche noch nicht durch aufquellende Laven geschlossen waren, in hohem Grade diese Aushauchungen. Große Mengen von heißem Wasserdampf und Kohlensäure mischten sich dem Luftmeere bei und riefen die so überaus üppige Vegetation in das Leben, von welcher heute die Braun- und Steinkohlen zeugen. Die ungeheure Menge von Kohlensäure, welche in Verbindung mit Kalk die Gebirge der Juraformation gebildet hat, strömte damals unter der Einwirkung vulkanischer Kräfte aus dem Schoße der Erde. Der Rest, welchen der Kalk und die übrigen alkalischen Erden nicht absorbirten, verbreitete sich in die Luft, aus welcher die Gewächse der Urwelt unaufhörlich Kohlensäure schöpften. Damals führten reichliche Ausströmungen von gasförmiger Schwefelsäure den Untergang der Weichthiere und der Fische herbei, und schufen die gewaltigen Gypslager, welche wir jetzt auf der Erde finden.

Neben diesen Stoffen, welche in Gasform dem Boden entströmen, finden sich in der Luft einzelner Orte ganz geringe Spuren anderer Gase, welche durch örtliche chemische Processe entstanden sind. So enthält die Luft großer Städte, wie Boussingault nachgewiesen hat, stets eine geringe Menge einer Wasserstoffverbindung, deren Wasserstoffgehalt höchstens ein Zehntausendstel des untersuchten Luftvolumens ausmacht.

Auch eine wechselnde Menge von Jod ist durch die Analyse nachgewiesen worden. Das fast vollständige Verschwinden des Jods aus der Luft und aus dem Wasser einiger Gebirgsgegenden soll nach Chatin die Veranlassung geben zu der Kropfkrankheit, welche unter den Bewohnern solcher Gegenden herrscht. Seine Schlußfolgerungen sind allgemein mit Ungläubigkeit aufgenommen worden, ja man hat das Vorkommen des Jods in der Atmosphäre überhaupt in Zweifel gezogen. Wenn man indessen beachtet, daß das in den Regenmessern gesammelte Wasser sehr verschiedenartige Salze enthält, welche von den in der Luft schwebenden Staubtheilchen herrühren, und daß geübte Chemiker oft genug das Jod im Regenwasser nachgewiesen haben, so kann man ohne Schwierigkeit zugeben, daß das Jod in freiem oder gebundenem Zustande wenn auch nicht immer, so doch gelegentlich in der Atmosphäre sich findet.

Wir kommen nun zu dem letzten Stoffe, der durch ganz besondere Untersuchungen in der Luft nachgewiesen ist, dem Ozon. Im Jahre 1780 ließ van

Marum eine große Zahl der 15 Centimeter langen Funken seiner kräftigen Electrisirmaschine durch eine mit Sauerstoff gefüllte Glasröhre schlagen. Nachdem etwa 500 solcher Funken durch die Röhre gegangen waren, bemerkte er, daß das Gas einen sehr starken Geruch erlangt hatte, „welcher", sagt er, „sicher der Geruch der electrischen Materie ist." Gerade so ruft der Blitz, dieser kräftigste aller electrischen Funken, an den von ihm getroffenen Orten einen eigenthümlichen Geruch hervor, der vom Volke meistens als schwefliger Geruch bezeichnet wird. Van Marum erkannte ferner, daß das Gas nach dem Experimente das Quecksilber in der Kälte oxydirte. Sechzig Jahre später, im Jahre 1839, entdeckte Schönbein in Basel, daß das Gas, welches bei der Zersetzung des Wassers durch den galvanischen Strom am positiven Pole frei wird, einen ähnlichen Geruch besitzt. Er war anfangs der Meinung, daß er einen neuen einfachen Stoff entdeckt habe, und nannte denselben Ozon (vom griechischen ὄζω, riechen). Indessen ist das Ozon kein neues Element, vielmehr nichts Anderes, als eine Modification des Sauerstoffs, wie spätere Untersuchungen von Schönbein und vielen anderen Chemikern, die sich mit diesem interessanten Körper beschäftigten, nachwiesen. Der gewöhnliche Sauerstoff läßt sich durch Electricität in diesen Zustand überführen, doch giebt es noch andere Mittel, die dasselbe bewirken.

Das Ozon ist namentlich wegen seiner kräftigen chemischen Wirkungen interessant, weswegen es auch activer Sauerstoff genannt wird. Es oxydirt sofort das Silber und das Quecksilber, wenn diese Metalle zuvor angefeuchtet waren; es macht Jod aus Jodkalium frei, entzieht den Wasserstoffsäuren ihren Wasserstoff und verwandelt Chlor, Jod und Brom, sobald diese Stoffe feucht sind, in die entsprechenden Sauerstoffsäuren. Das Ozon greift ferner die Lungen an, ruft Husten und Athemnoth hervor und zeigt ganz den Charakter eines giftigen Stoffes. Trotz der vielen über das Ozon angestellten Untersuchungen lassen unsere Kenntnisse über dasselbe noch viel zu wünschen übrig, was erklärlich ist, wenn man bedenkt, daß wir durch die wirksamsten Mittel nur $^1/_{1300}$ des Sauerstoffs in freies Ozon überzuführen vermögen; sobald dies Maximum erreicht ist, hört die Verwandlung auf. Wie soll man nun einen Körper untersuchen, der noch nicht den tausendsten Theil eines anderen Gases ausmacht?

Man hat versucht, mit den gewöhnlichen meteorologischen Beobachtungen auch Untersuchungen über den Ozongehalt der Luft zu verbinden. Schönbein kochte zu diesem Zwecke einen Theil Jodkalium und zehn Theile Stärke in 200 Theilen Wasser und tauchte Fließpapier in die Lösung, welches in einem geschlossenen Zimmer getrocknet und dann in Streifen geschnitten wurde. Dies Papier bläut sich, sobald es mit Ozon in Berührung tritt, indem das Jod in Freiheit gesetzt wird und auf die Stärke reagirt. Die Intensität der Färbung wird durch die Menge des ozonisirten Sauerstoffs bedingt. Man setzt nun täglich an einem vor

Regen und Sonne geschützten Orte einen solchen Streifen zwölf Stunden lang der freien Luft aus und vergleicht dann seine Färbung mit einer Skala von zehn Farben, die von Weiß bis Indigo gehen.

Fügen wir noch hinzu, daß neben diesen verschiedenen Substanzen auch Wasserstoffsuperoxyd durch Struve, dem Director der Sternwarte in Pulkowa, in der Atmosphäre nachgewiesen ist. Als er das Wasser des Kusaflüßchens chemisch untersuchte, überraschte ihn die Gegenwart von salpetersaurem Ammoniak in diesem Wasser; doch fand er diesen Stoff nur nach Regen oder Schneefällen, während sich einige Zeit später nicht die geringste Spur desselben zeigte. Er stellte genauere Untersuchungen über diesen Gegenstand an und entdeckte bei dieser Gelegenheit die Gegenwart von Wasserstoffsuperoxyd in der Luft. Aus seinen Untersuchungen ergiebt sich Folgendes.

1) Das Wasserstoffsuperoxyd bildet sich in der Luft, wie das Ozon und das salpetersaure Ammoniak.

2) Die genannten drei Körper stehen untereinander in engem Zusammenhange.

3) Die Veränderungen, welche das mit Jodkaliumkleister getränkte Papier an der Luft erleidet, werden durch Ozon und Wasserstoffsuperoxyd hervorgebracht.

Zum Schluß ein letztes Wort. Indem wir unsere Lungen mit der nöthigen Luft füllen, athmen wir oft, ohne es zu wissen, ganze Schaaren mikroskopischer Wesen, die in der Luft schwebten, und selbst die Reste vorsündfluthlicher Thiere ein. In großen Städten zumal ist die Luft mit derartigem Staube sehr erheblich verunreinigt. Die Stadt Paris ist fast ganz aus Schalen und kalkigen Skeletten sehr kleiner Thierchen erbaut. Die Gehäuse der Foraminiferen bilden für sich allein ganze Hügelreihen und ungeheure Lager von Bausteinen. Der grobkörnige Kalkstein aus der Umgegend von Paris ist an einigen Stellen von diesen Ueberresten so durchsetzt, daß ein Kubikcentimeter aus den großen Steinbrüchen von Chantilly mindestens 20,000 derselben enthält, was für den Kubikmeter die ungeheure Zahl von 20,000 Millionen ergiebt. Wenn daher der Pariser bei einem Hause vorübergeht, welches gebaut oder niedergerissen wird, so verschluckt er mit dem Kalkstaube, der ihm in den Mund dringt, Hunderte dieser kleinen Wesen, ohne es zu ahnen.

Täglich und stündlich gelangen mit der eingeathmeten Luft ganze Schaaren von Pflanzen und Thieren in unsere Lunge. Bald sind es lebende mikroskopische Thierchen, von denen mehrere Arten gleichsam die Fische unseres Blutes sind; bald sind es Vibrionen, die sich an unseren Zähnen ablagern wie Austernbänke an den Felsen; ein anderes Mal ist es der Staub von Thierchen, die so klein sind, daß erst elfhundert Millionen von ihnen ein Gramm wiegen, oder Pollenkörner, welche in unserer Lunge zum Keimen kommen und dort eine parasitische Vegetation entwickeln.

Die Stürme und Orkane, welche die Atmosphäre aufwühlen, die aufsteigenden Ströme, welche durch die Erwärmung des Bodens hervorgerufen werden, die Vulkane, welche unaufhörlich Gase, Dämpfe und so fein zertheilte Asche ausstoßen, daß sie oft erst in unglaublichen Entfernungen niederfällt, tragen bis in die höchsten Regionen kleine Körperchen, die sie entweder vom Boden aufgehoben oder dem inneren, wahrscheinlich noch feurigflüssigen Theile der Erde entrissen haben. Diese Substanzen, deren Trägerin die Luft ist, spielen möglicherweise in dem Lebensproceß der Thiere und der Pflanzen eine weit hervorragendere Rolle, als man gewöhnlich annimmt. Ihre fortwährende Gegenwart wird übrigens durch das Zeugniß der Sinne selbst außer allen Zweifel gestellt, sobald ein Sonnenstrahl in ein wenig erhelltes Zimmer dringt. „Die Einbildungskraft, sagt Boussingault, stellt sich leicht und nicht ohne einen gewissen Ekel Alles das vor, was die von uns eingeathmeten Stäubchen enthalten und was man mit vollem Rechte den Schmutz der Atmosphäre nennt. Diese Stäubchen vermitteln in gewissem Sinne eine Berührung zwischen weit entfernten Personen, und wenn auch ihre Wirkungen sehr verschiedenartig sein mögen, so wird man sich doch nicht weit von der Wahrheit entfernen, wenn man ihrem Einfluß theilweise die ungesunde Beschaffenheit zuschreibt, welche die Luft regelmäßig an solchen Orten annimmt, wo große Menschenmassen angehäuft sind.“

Die atmosphärischen Niederschläge reißen einerseits diese Stäubchen mit sich, andererseits machen sie die löslichen Bestandtheile derselben flüssig, unter ihnen ammoniakalische Salze, und nehmen gleichzeitig die Kohlensäure der Luft in sich auf. Jeder Regen wird daher im Beginne mehr lösliche Stoffe enthalten, als gegen das Ende, und wenn er bei ruhiger Luft längere Zeit anhält, so wird ein Punkt eintreten, wo das Regenwasser nur noch ganz geringe Spuren jener Stoffe enthält.

Die miasmatischen Dünste, die Trägerinnen der Epidemien, werden durch die Luftströmungen fortgeführt; die Cholera, das gelbe Fieber, die Pocken und alle übrigen Seuchen, welche von Zeit zu Zeit das Menschengeschlecht heimsuchen, werden wahrscheinlich durch die Atmosphäre, diese große Werkstatt von Tod und Leben, verbreitet. Während der Belagerung von Paris, wo Pocken und Lungenentzündungen große Verheerungen in der eingeschlossenen Stadt anrichteten, war die Sterblichkeit am größten in den nördlichen Stadttheilen, nach welchen die herrschenden Südwinde die Ausdünstungen der großen Stadt trieben, und wo das Ozon fast gänzlich aus der Luft verschwand. Die öffentliche Gesundheitspflege kann manchen Fingerzeig aus den Beziehungen entnehmen, welche zwischen gewissen meteorologischen Erscheinungen und der Veränderlichkeit des Gesundheitszustandes stattfinden, da es sich zeigt, daß dieser letztere fortwährend durch die Stärke und Richtung des Windes und das Schwanken des Luftdruckes beeinflußt wird.

Die Luft, welche Gay-Lussac bei seiner berühmten Luftfahrt in der Höhe von 7000 Meter schöpfte, hatte dieselbe Zusammensetzung, wie die Luft am Boden. Die Untersuchungen, die Boussingault in den Anden Süd-Amerikas und Brunner in den Alpen anstellten, geben ein gleiches Resultat. Diese Aehnlichkeit hat ihren Grund darin, daß die Luftströmungen unaufhörlich die Schichten der Atmosphäre durcheinander mengen. Bleibt nun die Zusammensetzung der Luft auch in noch beträchtlicheren Höhen unverändert? Dies ist nicht wahrscheinlich. Denn da Sauerstoff und Stickstoff nur mit einander gemengt, nicht verbunden sind, so müssen die Gase sich nach ihrer Dichtigkeit gruppiren, wohl verstanden, so weit es das Gesetz der Expansion gestattet, d. h. sie müssen sich wie zwei neben einander existirende Atmosphären verhalten, von denen die dünnere sich weiter erstreckt, als die dichtere. Da nun die Dichtigkeit des Stickstoffes 0,972 ist, wenn die Dichtigkeit der gewöhnlichen Luft gleich der Einheit gesetzt wird, so muß der Stickstoffgehalt zunehmen, je höher man in die Atmosphäre gelangt, während der schwerere Sauerstoff, dessen Dichtigkeit 1,057 ist, sich in größeren Mengen in den unteren Schichten vorfinden muß. Nach dieser Theorie müßte dies letztere Gas in der Höhe von 7000 Meter nur noch $^{19}/_{100}$ des Luftvolumens ausmachen, was der Wirklichkeit nicht entspricht. Es liegt eben jener Berechnung die Annahme zu Grunde, daß die Atmosphäre ganz unbewegt ist, was in den bis jetzt von dem Menschen erreichten Höhen niemals zutrifft.

Indem wir dies Capitel über die Zusammensetzung der Luft schließen, müssen wir uns noch fragen, ob in der jetzigen Zeit eine Veränderung dieser Zusammensetzung stattfindet.

Dank einer der großen harmonischen Einrichtungen der Natur, welche das Thier- und Pflanzenreich aneinander ketten, spielen Thiere und Pflanzen in Bezug auf die Luft eine entgegengesetzte Rolle. Während die Thiere als Verbrennungsapparate wirken, den Sauerstoff der Luft aufnehmen und ihn mit Kohle verbunden in der Kohlensäure, die sie ausathmen, an die Luft zurückgeben, sind die letzteren Reductionsapparaten vergleichbar. Unter Einwirkung der Sonnenstrahlen zersetzen die grünen Pflanzentheile die Kohlensäure, fixiren den Kohlenstoff und athmen den Sauerstoff aus. Die Atmosphäre, welche das Athmen der Thiere fortwährend verschlechtert, wird ebenso unausgesetzt durch die Arbeit der Pflanzen wieder gereinigt. Diese beiden entgegengesetzten Thätigkeiten, welche auf die Elemente des Luftkreises ausgeübt werden, suchen das Gleichgewicht in der chemischen Zusammensetzung der Luft immer wieder herzustellen.

Aehnlichen Vorgängen begegnen wir in der anorganischen Natur. Gewisse Erscheinungen, welche bei der Zersetzung der Gesteine durch Oxydation auftreten, scheinen auf den ersten Blick geeignet, im Laufe der Zeit die Zusammensetzung der Luft zu verändern; allein eine Reihe von genau entgegengesetzten reducirenden

Processen ist bestrebt, den verschwundenen Sauerstoff wieder zu ersetzen. Wie Ebelmen in seiner Abhandlung über die Veränderung der Gesteine bemerkt, reicht die reducirende Thätigkeit der Mineralien aus, genügenden Ersatz zu bieten und die Zusammensetzung der Luft im Gleichgewicht zu erhalten.

Findet nun diese Ausgleichung im strengsten Sinne statt? Angenommen, dies sei nicht der Fall, was recht gut möglich ist, nimmt alsdann die Sauerstoffmenge zu oder ab? „Es ist dies eine wichtige Frage, sagt Thenard, die wir erst nach Jahrhunderten lösen können, in Anbetracht der ungeheuren Luftmenge, die unseren Planeten umgiebt."

In ihrer schönen Abhandlung über die Zusammensetzung der Luft äußern Dumas und Boussingault sich folgendermaßen.

„Die nachstehenden Berechnungen, welche zwar keine absolute Genauigkeit besitzen, welche aber auf einer Reihe völlig sicherer Thatsachen beruhen, werden zeigen, wie weit man auf analytischem Wege gelangen kann, um die Grenze zu finden, wo die Veränderung des Sauerstoffgehaltes sich in merkbarer Weise verrathen muß. Die Atmosphäre ist in unaufhörlicher Bewegung; die durch Wärme, Winde, electrische Erscheinungen hervorgerufenen Luftströmungen mengen fortwährend die einzelnen Schichten der Atmosphäre durcheinander. Es müßte daher die Gesammtmasse verändert worden sein, wenn die Analyse Veränderungen anzeigen soll. Diese Masse ist aber ungeheuer groß. Könnten wir die ganze Atmosphäre in einen Schlauch pressen und diesen in die eine Schale einer Wage legen, so müßten wir, um das Gleichgewicht herzustellen, in die andere Schale 581,000 Würfel aus Kupfer legen, deren jeder ein Kilometer Seite hätte.

Wir wollen nun annehmen, daß jeder Mensch täglich 2 Pfund Sauerstoff verbraucht, daß tausend Millionen Menschen auf der Erde leben, und daß durch das Athmen der Thiere und durch den Fäulnißproceß der organischen Stoffe drei mal so viel Sauerstoff verzehrt werde, als die Menschen verbrauchen. Nehmen wir ferner an, daß der durch die Pflanzen entbundene Sauerstoff gerade ausreiche, um den Sauerstoffverlust auszugleichen, der durch andere, bei unserer Rechnung nicht berücksichtigte Ursachen herbeigeführt wird, so haben wir jedenfalls die Wahrscheinlichkeit für eine Veränderung der Luft sehr hoch gestellt. Und dennoch, trotz dieser so sehr übertriebenen Annahme würde das ganze Menschengeschlecht und jene drei mal so stark wirkenden Factoren im Laufe von hundert Jahren doch nur einen Sauerstoffverlust hervorrufen, welcher fünfzehn bis sechzehn jener Kupferwürfel entspräche, während die Atmosphäre 134,000 derselben enthält. Wollte man daher behaupten, daß die Menschen und Thiere, welche den Erdkreis bevölkern, in einem Jahrhundert die Luft, die sie athmen, verschlechtern können, so würde diese Behauptung der Wahrheit widersprechen, da nur der achttausendste Theil des Sauerstoffes verzehrt wird."

In dem folgenden Capitel werden wir sehen, daß in geschlossenen oder schlecht ventilirten Wohnräumen das Athmen von Menschen und Thieren und das Verbrennen unserer Heizmaterialien eine erhebliche Luftverschlechterung hervorrufen können. Deshalb giebt die chemische Analyse solcher Luft, welche aus Wohnzimmern, Casernen, Hospitälern, Theatern, Minengängen und ähnlichen Orten entnommen ist, ein ganz anderes Resultat, als für die Luft im Freien gefunden wurde.

Uebrigens können in Wohnzimmern und selbst fern von dem unmittelbaren Einfluß Kranker die Ausdünstungsstoffe, welche mit dem Wasserdampf beim Ausathmen der Lungen und der Haut in die Luft entweichen, einen unbestreitbaren und oft verderblicheren Einfluß ausüben, als die Erzeugung von Kohlensäure und die Verringerung des Sauerstoffgehaltes. Wenn die Luft mit jenen Stoffen überladen ist, so muß man sie geradezu als giftig bezeichnen. Man ist heute der Ansicht, daß man, um jede verderbliche Einwirkung auf den Organismus zu vermeiden, die Wohnräume und vor allem die Krankensäle so einrichten muß, daß für jede Person stündlich sechzig Cubikmeter frischer Luft geliefert werden.

So ist denn die Atmosphäre gleichzeitig die Werkstatt und die Nahrungsquelle für das Leben an der Oberfläche unseres Planeten. Es wäre möglich, daß eine in ihrem Schoße vollzogene chemische Verbindung sie in Flammen setzte und das Leben vernichtete, wie eine solche herbeigeführt werden könnte, wenn der Schweif eines aus Wasserstoff gebildeten Cometen sich ihr beimengte, oder wenn brennbare Gase in gewaltigen Mengen dem Erdinnern entströmten. Vor ungefähr fünf Jahren hat sich ein solcher Weltuntergang gewissermaßen vor unseren Augen vollzogen, als ein Stern im Sternbilde der nördlichen Krone aufflammte in Folge der Entzündung von Wasserstoffgas, wie die Spectralanalyse nachwies. Heute rollt diese entzündete und verbrannte Welt schweigend durch den Himmelsraum. Auch wir können eines Tages den Bewohnern anderer Planeten ein ähnliches Schauspiel gewähren. Eine einfache Veränderung in der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre kann auf der Erde allgemeinen Tod herbeiführen und vielleicht gleichzeitig die Lebensbedingungen für Geschöpfe, die uns jetzt ganz unbekannt sind, herstellen. Denn wenn auch der Sauerstoff für das auf der Erde herrschende Leben ein Haupterforderniß bildet, so ist es doch wahrscheinlich, daß die Tausende von Welten in dem weiten Himmelsraum nicht alle in derselben Weise organisirt sind, und daß dort Geschöpfe unter ganz anderen Lebensbedingungen in Atmosphären leben, die von der unsrigen weit verschieden sind. Möglicherweise werden nach vielen Tausenden von Jahren die Menschen der Erde ganz anders organisirt sein, als das heutige Geschlecht, und vielleicht sogar in dem Reiche der Luft leben, welches sie sich unterthan gemacht haben.

## Fünftes Capitel.

# Die Arbeit der Luft bei dem Lebensproceß.

Da wir jetzt das Volumen, das Gewicht und die Zusammensetzung der Atmosphäre kennen, müssen wir in einer kurzen Skizze die unausgesetzte Arbeit schildern, welche dies lebenspendende Fluidum an der Oberfläche unseres Planeten vollbringt, und müssen uns so genau wie möglich von dieser Arbeit in den lebenden Wesen selbst Rechenschaft ablegen.

Die Organismen, welche unsere Erde bevölkern, sind durch die Luft und für die Luft geschaffen. Vom niedrigsten bis zum höchsten nehmen sie Alle Luft in sich auf, und erneuern ihre Gewebe durch den Athmungsproceß und die Nahrungszufuhr, die in gewissem Sinne wieder ein Aufnehmen von Luft ist. Die Luft umgiebt, erfüllt und bildet sie Alle. Das Kraut des Feldes, der Baum des Waldes, die Frucht des Obstbaumes, das Korn des Weizens wie die Traube des Weinstocks, — sie alle sind die Früchte der Luft. Das Thier und der Mensch selber sind der Hauptsache nach organisirte Luft.

Die Lebenskraft, — wenn wir unter dieser Bezeichnung die Summe aller derjenigen Kräfte verstehen, welche bei den Lebenserscheinungen zur Geltung kommen — die Lebenskraft stellt den Leib der Pflanzen, Thiere und Menschen aus den Stoffen, die uns umgeben, her. Dort treibt sie ein Blatt in das Licht hinaus, um die Kohlensäure der Luft begierig aufzunehmen und zu fixiren, hier hebt und senkt sie die Brust und läßt die Lungen den Sauerstoff aus der eingezogenen Luft entnehmen. Dort weist sie einer schmachtenden Wurzel den Weg zu einer Flüssigkeit unter der Erde, welche zur Nahrung der Pflanze tauglich ist, hier treibt sie uns, den einen Nährstoff zu wählen, den andern zu verschmähen, und erhält so bei jedem lebenden Wesen den Organismus, den sie gebildet hat. Wir wollen einen Augenblick diese Ernährung des pflanzlichen, thierischen und

menschlichen Leibes näher betrachten, und da unsere Person uns mehr zu interessiren pflegt, als die übrigen Naturkörper, so wollen wir zunächst die Frage beantworten: „wovon lebt der Mensch?“

Die Ernährung geht zwar, wie es auf den ersten Blick erscheint, auf sehr verschiedenen Wegen vor sich, allein schließlich lassen sich die Nahrungsstoffe immer auf ähnliche Elemente zurückführen, wie diejenigen, die wir bei dem Athmungsprocesse aufnehmen.

„Der Gaucho, sagt Schleiden bei der Beantwortung der angeregten Frage, der mit fabelhafter Gewandtheit sein halbwildes Pferd in den weiten Pampas von Buenos-Ayres tummelt, verzehrt täglich 10 bis 12 Pfund Fleisch und sieht es als einen hohen Festtag an, wenn einmal in irgend einer Hacienda ihm ein Stückchen Kürbis zur Abwechselung geboten wird. Das Wort Brod steht überall nicht in seinem Wörterbuch. Im fröhlichen Leichtsinn dagegen genießt nach mühevoller Arbeit der Irländer sein „potatoes and point“, er der es nicht lassen kann, selbst in dem Namen, den er seinem kärglichen Mahle giebt, noch Possen zu treiben. Fleisch ist ihm ein fremder Gedanke, und glücklich schon der, dem es gelang, viermal im Jahre zur Würze der mehligen Knolle einen Hering aufzutreiben. Der Jäger der Prärieen hat mit sicherer Kugel den Bison niedergeworfen, und der saftige, zart mit Fett durchwachsene Höcker desselben, zwischen heißen Steinen geröstet, ist ihm ein durch nichts zu ersetzender Leckerbissen; derweilen trägt zierlich auf weiße Stäbe gereiht der industrielle Chinese seine sorgfältig gemästeten Ratten zu Markt, sicher, unter den Feinschmeckern von Peking seine gut zahlenden Käufer zu finden; und in der heißen, rauchigen Hütte, unter Schnee und Eis fast vergraben, verzehrt der Grönländer seinen Speck, den er eben von einem gestrandeten Walfisch abgehauen. Hier saugt der schwarze Sklav am Zuckerrohr und ißt seine Banane dazu, dort füllt der afrikanische Kaufmann sein Säckchen mit der süßen Dattel als alleiniger Nahrung für die wochenlange Wüstenreise, und dort stopft sich der Siamese mit Mengen von Reis, vor denen ein Europäer zurückschrecken würde. Und wo wir hinantreten auf der bewohnten Erde und das Gastrecht begehren, fast auf jedem kleinen Flecke wird uns eine andere Speise vorgesetzt und das „tägliche Brod“ in anderer Form geboten.“

„Aber, dürfen wir fragen, fährt Schleiden fort, ist denn der Mensch wirklich ein so bewegliches Wesen, daß er aus den verschiedenartigsten Stoffen doch auf gleiche Weise das sichtbare Haus seines Geistes aufbauen kann, oder enthalten vielleicht alle jene so verschiedenartigen Lebensmittel einen oder wenige gleiche Stoffe, die eigentlich dem Menschen seine Speise bieten? Und allerdings findet das Letzte statt.

Alles was uns umgiebt, ist aus wenigen, etwa 68 Grundstoffen oder Elementen zusammengesetzt, welche die Chemie nach und nach entdeckt hat. Aber

von diesen sind es besonders vier, welche fast allein wesentlichen Antheil nehmen an der Zusammensetzung alles dessen, was auf Erden organisch, lebendig heißt: Stickstoff und Sauerstoff bilden die beiden wichtigsten Bestandtheile der reinen atmosphärischen Luft, Sauerstoff und Wasserstoff sind die beiden Elemente, aus deren Verbindung das Wasser entsteht, Kohlenstoff und Sauerstoff setzen die Kohlensäure zusammen, endlich Stickstoff und Wasserstoff treten zu Ammoniak zusammen. Hier haben wir die vier Elemente, den Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff, welche in ihren Verbindungen alle diejenigen Substanzen bilden, aus denen Pflanzen und Thiere bestehen."

„Die vier genannten Elemente bilden nun durch ihre Verbindungen unter einander zahlreiche Stoffe, aber für die organische Welt haben nur zwei Reihen eine durchgreifendere Bedeutung. Die eine Reihe umfaßt Stoffe, die aus allen vier Elementen zusammengesetzt sind. Hierher gehören Eiweiß, Faserstoff, Käsestoff und Leim. Aus diesen Stoffen ist der ganze thierische Körper gebildet, und wenn sie von demselben getrennt, vom Leben verlassen werden, gehen sie alle in kurzer Zeit durch Verwesung in Wasser, Ammoniak und Kohlensäure über, welche sich in der Luft verbreiten. Die zweite Reihe dagegen enthält Stoffe, welche stickstofffrei sind, nämlich Gummi, Zucker, Stärkemehl, die daraus bereiteten Getränke, wie Spiritus, Wein, Bier, und endlich die Fettarten. Diese gehen sämmtlich nur durch den thierischen Körper durch, indem ihr Kohlenstoff und Wasserstoff durch den beim Athmen aufgenommenen Sauerstoff verbrannt und als Kohlensäure und Wasser wieder ausgehaucht werden."

Dieselben Atome der einfachen Stoffe gehen also in verschiedenen Verhältnissen und Verbindungen durch den vegetabilischen und animalischen Organismus; sie kommen aus der Luft und kehren dahin zurück. Das Leben nährt sich vom Tode, und die Zersetzungsproducte dienen als neue Gerichte auf der stets gedeckten Tafel, welche das Leben der Erde speist. Die Pflanze entnimmt aus der Luft die Substanzen, aus denen sie ihren Leib aufbaut. Mögen wir Pflanzen- oder Thierkost zu uns nehmen, oder einfach Athem schöpfen, wir ersetzen immer nur die Molecüle unseres Körpers durch neue Molecüle, welche anderen Körpern angehört haben, wir nehmen auf, was Andere ausgestoßen haben und stoßen aus, was Andere aufnehmen werden.

Ein erwachsener Mann wiegt etwa 140 Pfund, und wenn man die große Menge Wasser abzieht, welche in allen Körpertheilen kreist, so bleiben ungefähr 36 Pfund übrig, 14 für die Knochen und 22 für die übrigen Theile. Die ersteren enthalten etwa 66 Procent, der Rest drei Procent erdiger Substanz, welche bei der Verbrennung übrig bleibt. Außer dieser Erde, diesem phosphorsauren Kalke, entnehmen wir Alles direct oder indirect aus der Luft. Zu drei Viertheilen

ernähren wir uns aus der eingeathmeten Luft, das andere Viertel entnehmen wir festeren Nahrungsstoffen.

Betrachten wir nun den Athmungsproceß etwas näher.

Die Canäle, in welchen das Blut durch unseren Leib strömt, theilen wir in zwei Arten von Adern, in die Arterien, in welchen das Blut vom Herzen weg in die einzelnen Organe fließt, und in die Venen, in welchen es zum Herzen zurückkehrt. Dieses Hin- und Herströmen vom Herzen durch den ganzen Körper zu dem Ausgangspunkte zurück nennt man den Kreislauf des Blutes.

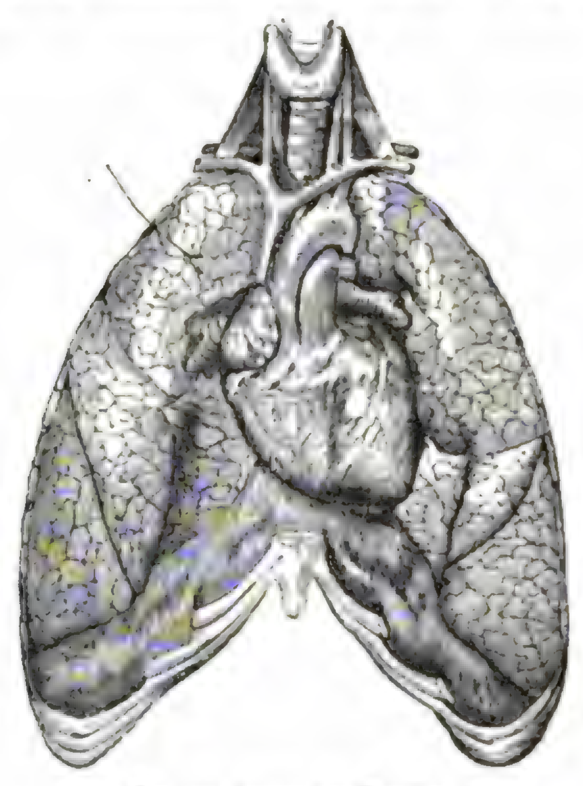
Das Herz ist ein hohles, muskulöses Gefäß von kegelförmiger Gestalt und hat bei einem Erwachsenen die Größe einer Faust. Eine muskulöse Scheidewand trennt es in zwei fast gleiche völlig von einander gesonderte Hälften. Beide Abtheilungen sind wieder durch Klappen, welche sich wie Ventile nur nach einer Seite hin öffnen lassen, in zwei ungleiche Theile geschieden, die oberen sind die sogenannten Vorkammern, die unteren die eigentlichen Herzkammern. Die Bewegungen des Herzens gehen ganz ohne unseren Willen vor sich, werden aber, wie jeder an sich selbst oft genug erfahren hat, durch Gefühls- und Seeleneindrücke beeinflußt. Die rhythmische Bewegung des Herzens, der sogenannte Herzschlag, welcher sich deutlich durch die Brustwand hindurch fühlen und hören läßt, besteht in einem abwechselnden Zusammenziehen und Ausdehnen der Wandungen des Herzens. Die Herzkammern ziehen sich gleichzeitig zusammen und dehnen sich in demselben Augenblicke aus, wenn die Vorkammern ihrerseits sich zusammenziehen. Während der Ausdehnung strömt das Blut in die betreffende Höhlung ein und wird durch die Zusammenziehung hinausgetrieben; die Vorkammern ergießen es in die Herzkammern und diese in die Arterien.

Die Zusammenziehung der linken Herzkammer treibt das Blut in die Hauptarterie, die sogenannte Aorta, und von dort aus in alle Arterien, in denen es unter der Wirkung des Herzschlages und der gleichzeitigen Zusammenziehung der Adern selbst weiter strömt. Hier bewegt das Blut sich stoßweise fort, und man fühlt daher die Arterien als Pulsadern deutlich klopfen, wenn man den Finger auf dieselben legt.

Je weiter das Blut in den Verzweigungen der Arterien vordringt, um so mehr läßt der erste vom Herzen ausgehende Impuls nach, und um so langsamer wird die Bewegung, so daß das Blut, wenn es aus den Arterien in die feinen Haargefäße eingetreten ist, nicht mehr stoßförmig, sondern gleichmäßig fließt. In den Haargefäßen giebt es an die Gewebe viele seiner Bestandtheile ab, welche assimilirt werden, und nimmt dafür eine Quantität von gewissermaßen verbrauchten Stoffen auf, welche aus dem Organismus entfernt werden sollen. Von den Haargefäßen gelangt das Blut in die Ausläufer der Venen und vertauscht hier die schön rothe Farbe, die es beim Austritt aus dem Herzen und in den Arterien

hatte, mit einer dunklen, fast schwarzen Färbung, welche durch den größeren Gehalt an Kohlenstoff bedingt wird. In die Venen ergießen sich auch die Lymphgefäße, kleine Canäle, welche die bei der Verdauung aufgesogenen Stoffe dem Venenblute zuführen, so daß dieselben, mit diesem Blute vermischt, in die rechte Vorkammer und von dort in die rechte Herzkammer gelangen.

Nun hat zwar das Blut einen Kreislauf vollendet und ist wieder im Herzen angelangt; allein in seiner jetzigen Gestalt ist es nicht im Stande, die Gewebe aufs Neue zu ernähren, da es sowohl Stoffe, die zur Ausscheidung bestimmt sind, enthält, als auch die Substanzen in sich schließt, welche durch die Verdauung



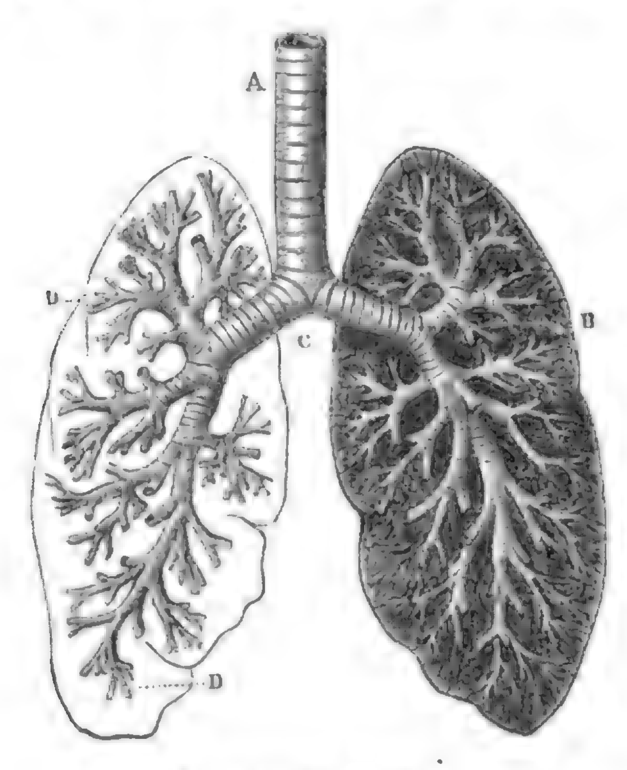
Herz und Lungen des Menschen.

gewonnen sind und noch der Sauerstoffaufnahme bedürfen. Bevor es seinen Kreislauf durch den Körper abermals antritt, muß es daher mit der Luft in innige Berührung gebracht werden, und so die Gelegenheit erhalten, den Sauerstoff auf sich wirken zu lassen. Bei dem Zusammenziehen der rechten Herzkammer tritt nun das Venenblut in die Lungenarterie. In den Haargefäßen der Lungen wirkt die Luft kräftig auf das dunkel gefärbte Venenblut ein und verwandelt es in Arterienblut, wobei es durch den Einfluß des Sauerstoffes eine schön rothe Farbe annimmt. Nun kehrt es in die linke Vorkammer zurück, um sofort in die linke Herzkammer und von dort in die Arterien zu treten.

Wir unterscheiden daher zwei Kreisläufe des Blutes; der kleine geht von der rechten Herzkammer durch die Lunge zu der linken Vorkammer; der große

von der linken Herzkammer durch die Arterien, Haargefäße und Venen zu der rechten Vorkammer.

Die Lungen, das Hauptorgan des Athmens, stehen durch die Luftröhre mit der äußeren Luft in Verbindung und sind nichts Anderes, als die feinsten Verästelungen dieses Luftcanals. Sie nehmen den größten Theil der Brust ein, haben die Gestalt zweier schiefer Kegel und stützen sich mit ihrer Grundfläche auf dem Zwerchfell. Die Luftröhre A theilt sich bei ihrem Eintritt in die Brust in zwei Aeste, die Bronchien B und C, welche sich zu sehr zahlreichen Canälen DD verzweigen, deren äußerste Spitzen mit kleinen, traubenartig aneinander gereihten Bläschen

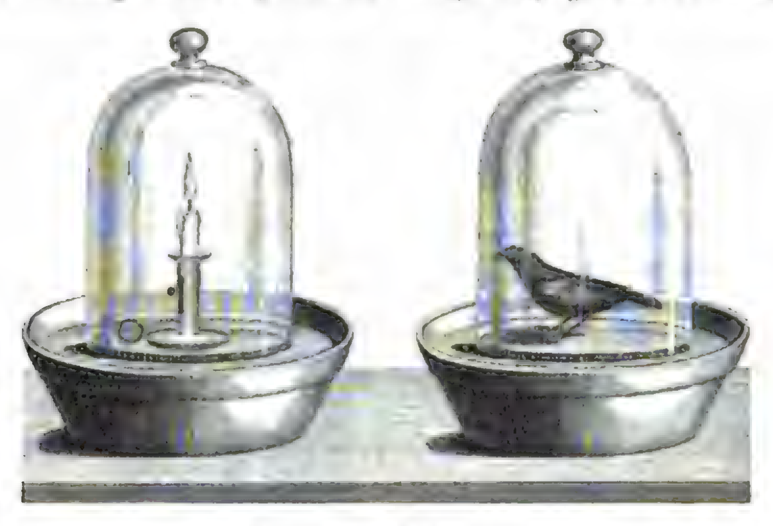



Verzweigung der Bronchien.

schließen. Bei dem Einathmen strömt nun die Luft bis in diese kleinen Bläschen, wo der Sauerstoff in das Blut übergeführt wird; bei dem Ausathmen wird Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf aus den Lungen herausgetrieben. Man kann die Lungen mit einem feinen Gewebe vergleichen, welches 120 mal größer ist, als die Oberfläche des ganzen Körpers, und welches von 40 bis 50 Millionen sehr kleiner Löcher durchbohrt ist. Diese Poren sind zu enge, um das Blut hindurch zu lassen, aber weit genug, um der Luft den Durchgang zu gestatten. Wenn der Sauerstoff der Luft durch diese feinen Oeffnungen hindurchdringt, um sich mit dem Blute zu verbinden, so erneuert sich das letztere bei dieser Berührung und giebt seine unbrauchbaren Bestandtheile an die Luft zurück, welche sie beim Ausathmen fortführt. Es findet somit ein Austausch von Gasen zwischen

der Luft und dem Blute statt; die erstere überläßt Sauerstoff an das Blut und empfängt dafür andere Gase zurück, unter denen die Kohlensäure obenan steht. Einerseits verbrennt daher der Sauerstoff der Luft den Kohlenstoff in der Lunge, andererseits haucht die Lunge Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf aus. Der beim Einathmen vom Blute absorbirte Sauerstoff verläßt das letztere in den Haargefäßen, indem er hier seine oxydirende Wirkung ausübt und unter anderen Verbindungen Kohlensäure entstehen läßt.

Wie Lavoisier der Erste war, welcher die Zusammensetzung der Luft analysirte, so hat er auch zuerst die Sauerstoffaufnahme beim Athmen erkannt, und durch Experimente die Aehnlichkeit nachgewiesen, welche zwischen dem Athmen und der Verbrennung besteht. „Der Athmungsproceß, sagt er, ist nichts anderes, als eine langsame Verbrennung von Kohlenstoff, welche sich gerade so vollzieht, wie das



Athmung und Verbrennung.

Verbrennen unserer Leuchtmaterialien. Beim Athmen wie beim Verbrennen liefert die Luft den Sauerstoff. Aber da beim Athmen der thierische Organismus selbst den Brennstoff hergiebt, so würde, wenn das Thier den Verlust nicht durch Nahrungsaufnahme ersetzte, der Lampe bald das Oel fehlen, und das Thier würde sterben, wie die Lampe erlischt, wenn der Flamme die Nahrung fehlt." Setzt man einerseits eine brennende Kerze, andererseits ein kleines Thier unter eine Glocke, so verrichten beide genau dasselbe: sie verbrauchen Sauerstoff, um Kohlensäure zu bilden. Die Kerze erlischt, das Thier stirbt, sobald der Sauerstoff nicht mehr zur Unterhaltung ausreicht.

Aus dem Vorhergehenden folgt, daß die ausgeathmete Luft weder dasselbe Volumen noch dieselbe chemische Zusammensetzung hat, wie die eingeathmete. Ein erwachsener Mensch braucht stündlich 20—25 Liter, d. h. täglich etwa 500 Liter Sauerstoff. Nimmt man an, daß 1000 Millionen Menschen auf der Erde leben, so folgt, daß das Menschengeschlecht der Atmosphäre täglich 500,000 Millionen Liter

Digitized by Google

oder 500 Millionen Kubikmeter Sauerstoff entzieht. Dagegen athmet der Mensch stündlich 20 Liter oder täglich 480 Liter (ungefähr zwei Pfund) Kohlensäure aus, so daß die Menschen täglich 480 Millionen Kubikmeter, oder 2000 Millionen Pfund Kohlensäure an die Atmosphäre zurückgeben. Die Stadt Paris allein erzeugt täglich 4½ Millionen Kubikmeter Kohlensäure, von denen eine Million durch das Athmen der Menschen und Thiere entsteht, 3½ Millionen durch die Verbrennung der verschiedensten Stoffe hervorgebracht werden.

Außer Kohlensäure und Stickstoff sendet der Mensch beim Ausathmen stündlich 630 Gramm, d. h. täglich mehr als 30 Pfund Wasserdampf in die Luft, so daß Tag für Tag mehr als 30,000 Millionen Pfund Wasserdampf den menschlichen Lippen enteilen.

Da überhaupt jede Person etwa zehn Kubikmeter Luft täglich in ihre Lungen einführt, so wandern Tag für Tag etwa 10,000 Millionen Kubikmeter Luft durch die unersättlichen Lungen der Adamssöhne und der Evastöchter.

Aus dem Vorhergehenden erhellt leicht, daß Personen, die sich in größerer Anzahl in gänzlich geschlossenen oder schlecht ventilirten Räumen aufhalten, von den schlimmsten Zufällen betroffen werden können. Während des Indischen Krieges im vorigen Jahrhundert wurden 146 gefangene Europäer in ein Zimmer eingesperrt, in welchem sie kaum Platz hatten und welches nur durch zwei enge Fenster Luft empfing. Nach Verlauf von acht Stunden waren nur noch 23 am Leben und zwar befanden sich diese Unglücklichen in einem jammervollen Zustande. Von 300 russischen Kriegsgefangenen, welche nach der Schlacht bei Austerlitz in einen Keller gesperrt wurden, erstickten 260 in wenigen Stunden.

In noch höherem Grade, als durch das Athmen, wird die Luft durch das Verbrennen von Kohlenstoff verschlechtert, so daß sie geradezu erstickend wirkt. Diese todtbringende Eigenschaft verdankt sie neben der Kohlensäure einem geringen Gehalte von Kohlenoxydgas, einer Luftart, welche sich bei dem Verbrennen von Kohle entwickelt, wenn keine neu hinzutretende Luft die Verbrennungsgase entfernt. Sie ist so giftig, daß warmblütige Thiere fast augenblicklich sterben, wenn man sie in Luft bringt, welcher ein Procent reinen Kohlenoxydgases beigemengt ist.

Auch das Verbrennen unserer Leuchtmaterialien verschlechtert die Luft. Eine Stearinkerze, welche in einer Stunde zehn Gramm Stearin verzehrt, verbraucht etwa zwanzig Liter Sauerstoff und erzeugt gegen fünfzehn Liter Kohlensäure. Wenn in einem Gasbrenner stündlich 140 Liter Leuchtgas verbrennen, so werden hierbei 230 Liter Sauerstoff verzehrt und 112 Liter Kohlensäure erzeugt. Eine Carcellampe, in welcher stündlich 42 Gramm Rappöl verbrennen, verzehrt mehr als 80 Liter Sauerstoff und liefert fast 60 Liter Kohlensäure.

Doch kehren wir zur Betrachtung des Athmungsprocesses zurück.

Bei einem Erwachsenen schlägt das Herz im Zustande der Ruhe in der

Minute 60 mal, während das Athmen etwa 18 mal stattfindet. Man weiß, daß der Herzschlag und das Athmen sich beschleunigen in Folge von physischen und psychischen Erregungen, und sich verlangsamen, wenn man die Gedanken mit voller Energie auf eine schwierige Aufgabe concentrirt.

Obwohl wir nun Alle athmen, so versteht doch nicht ein Jeder in richtiger Weise zu athmen. Und doch ist dies die allerwichtigste Lebensthätigkeit, die auch während der Arbeit, im Gehen, selbst während des Schlafes unausgesetzt vor sich geht. Es ist eine wunderbare Thatsache, daß wir während einer langen Rede, ohne es zu wissen, das Athmen mit dem Sprechen vereinigen können. Wenn wir in richtiger Weise einathmen, so vermögen wir ohne Anstrengung lange Zeit zu singen oder körperliche Anstrengungen zu ertragen. Gerade umgekehrt ermüden solche Personen, welche vorzugsweise nur durch das Heben der oberen Rippen athmen, sehr bald und gerathen außer Athem. Das sehen wir oft bei den Frauen, die durch ihre übel gewählte Kleidung den unteren Theil der Brust zusammenpressen und die freie Athembewegung hindern. Diese letztere ist nicht ganz von unserem Willen abhängig. Nach dem Einathmen vermögen wir nicht lange die entgegengesetzte Bewegung zu unterdrücken, und nach dem Ausathmen macht sich das Bedürfniß des Einathmens sehr bald in gebieterischer Weise geltend. Man kann mit einem Worte den Athem nur während einer sehr kurzen Zeit, höchstens während 3—4 Minuten, anhalten und selbst die geübtesten Taucher überschreiten diese Grenze nicht.

Obwohl nun diese wichtige Thätigkeit während unseres ganzen Lebens vom ersten Schrei, den der Neugeborene ausstößt, bis zum letzten Seufzer, den der Sterbende aushaucht, unausgesetzt fortgeht, so kommt sie uns doch nur dann zum Bewußtsein, wenn wir ausdrücklich auf sie achten. Während der anstrengenden und aufregenden Tagesarbeit sind wir freilich zu einer solchen Beachtung wenig geneigt, allein des Abends, wenn wir behaglich ausruhen, oder noch besser des Nachts, bevor der Schlaf unser Denken gefangen nimmt, mag die leichte Bewegung der Lungen, welche sich in gleichförmigem Takte füllen und entleeren, unsere Aufmerksamkeit auf diese kaum merkliche und doch so bedeutungsvolle Lebensthätigkeit richten. Da verwundern wir uns wohl bei dem Gedanken, daß diese Bewegung während des Schlafes unausgesetzt fortgehen wird, und daß während der ganzen Nacht unsere Brust abwechselnd die äußere Luft aufnehmen und hernach die erstickende Kohlensäure wieder entlassen wird, während ein scheinbarer Tod unsere Glieder fesselt und unsere Sinne umfängt, und der Geist in dem phantastischen Reiche der Träume umherjagt. Ueberkommt uns in solchen Augenblicken der Ruhe das Gefühl, wie wir durch das Athmen leben, so sind wir dann gerade in der richtigen Verfassung, um uns Rechenschaft zu geben nicht nur von der absoluten Nothwendigkeit des Athmens, sondern auch von der Stellung überhaupt,

die wir auf dem Grunde des Luftmeeres einnehmen. Wir mögen stehen oder liegen, immer sind wir in Beziehung auf die Atmosphäre über unserem Haupte in derselben Lage, welche die Korallen und die Schalthiere in Beziehung auf das Meer einnehmen. Der Luftocean breitet sich über uns aus und birgt in sich Vögel und Insekten, wie das Meer Fische. Wir sind an den Grund gebannt wie träge, fest angewachsene Schalthiere, deren Kiemen das Wasser umspült. Diese unsere Lage kommt uns nicht oft zum Bewußtsein und wir bedenken es selten, daß wir nicht an der wirklichen Oberfläche unseres Planeten leben, sondern am Grunde des Luftmeeres athmen, welches uns umgiebt. In solchen Stunden wirft die Phantasie wohl die Frage auf, ob nicht vielleicht in den höheren Regionen dieses Luftmeeres Wesen leben können, die unsern Augen unsichtbar bleiben, Wesen, die weit feiner organisirt und mit höheren Geisteskräften ausgerüstet sind, als wir?

Haben nun die Veränderungen des Luftdrucks oder, was dasselbe ist, haben die täglichen und gelegentlichen Schwankungen des Barometers Einfluß auf den menschlichen Körper, und wenn dies der Fall ist, durch welche Symptome verräth sich derselbe? Sicher ist es, daß alle Functionen bei steigendem Barometer und zunehmendem Luftdruck sich mit größerer Energie vollziehen als bei dem entgegengesetzten Zustande der Luft. Begreiflicherweise wird durch den wachsenden äußeren Druck die Spannkraft der elastischen Wandungen erhöht, wie wir im entgegengesetzten Falle bei stark sinkendem Barometer das Gefühl der Ermüdung und eine Neigung zur Ruhe empfinden. Wir haben oben gesehen, daß ein Mensch von mittlerer Größe einen Druck von ungefähr 30,000 Pfund zu ertragen hat; derselbe wird bei den größesten Schwankungen des Barometers um 2000—2500 Pfund d. h. etwa um $^1/_{12}$ erhöht oder erniedrigt. Die Physiologen haben mehrere auffällige Beispiele von den Wirkungen gesammelt, welche eine Verminderung des Luftdrucks hervorruft. „Als im Februar 1867 das Barometer bis zu einem bis dahin nie erreichten Punkte fiel, erzählt Mead, starb der Professor Cockburn plötzlich am Blutsturz; an demselben Tage, ja zu derselben Stunde wurden viele Personen in London von plötzlichem Nasenbluten und gefährlichen Blutungen befallen, denen als Vorbote ein Gefühl der Mattigkeit und der Schwäche vorausgegangen war." Manche Personen sind wahre Barometer. Der Doctor Foissac erwähnt einer Dame, welche bei starken Barometerschwankungen und Witterungsänderungen regelmäßig ohnmächtig wurde. Er konnte bisweilen eine bevorstehende Witterungsänderung voraussagen, wenn die Dame von einer Ohnmacht befallen wurde, ja er konnte ihr Befinden nach dem Stande des Barometers beurtheilen. Von einem Marquis, dem ächten Typus eines Hypochonders, sagt er: Bei hohem Luftdruck ist er reizbar, jähzornig und hat Selbstmordgedanken; sobald der Luftdruck abnimmt und das Barometer Regen oder Sturm anzeigt, verfällt er in tiefe Niedergeschlagenheit, ist ohne Energie, ohne Willenskraft und beschreibt in den

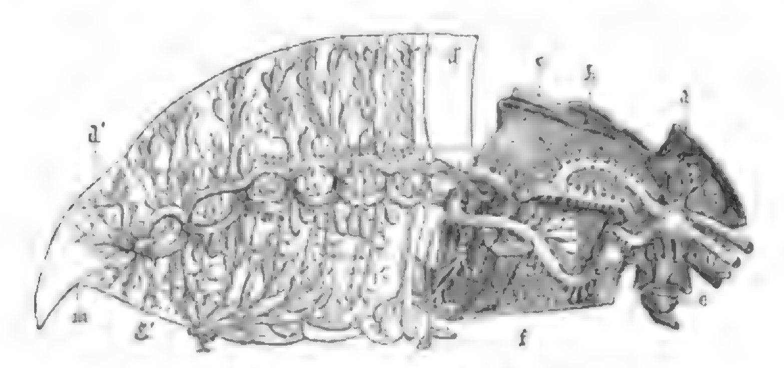
kläglichsten Ausdrücken seine Schwäche und gänzliche Hinfälligkeit." Könnte der Mensch zu jeder Zeit Alles, was er empfindet, notiren, so würde er bald finden, daß bei einem gewissen Barometerstande der Körper alle Functionen mit größerer Energie verrichtet, sein Geist freier und empfänglicher wird, daß mit einem Worte das Leben sich vollkräftiger bethätigt, als sonst. In der gemäßigten Zone ist ein mittlerer Barometerstand für die körperliche und geistige Gesundheit der meisten Personen am zuträglichsten.

Werfen wir jetzt einen Blick auf den Athmungsproceß der Vögel, der Fische und der niederen Thiere. Auch bei den Vögeln findet ein doppelter Kreislauf des Blutes statt, indem auch ihr Herz in zwei gesonderte Hälften getheilt ist. Das Blut ist reicher an Blutkörperchen, als das Blut des Menschen, da es reichlich mit Luft durchtränkt wird nicht blos in den Lungen, sondern auch in den letzten Ausläufern des Arteriensystems im Rumpf und in den Gliedern. Der Vogel zeichnet sich nicht blos durch das Vermögen zu fliegen, sondern fast mehr noch durch die Art seines Athmens vor den Vierfüßern aus. Bei ihm fehlt das Zwerchfell, jene membranöse Scheidewand, welche bei den Säugethieren die Brust nach unten hin abschließt; die Luft dringt in alle Theile des Leibes ein durch Wege, die sich von der Lunge aus durch das ganze Zellgewebe bis in die zelligen Knochen und selbst zwischen den Muskeln verbreiten. Durch diese eingeathmete Luft wird der Körper gewissermaßen ausgeweitet und dadurch specifisch leichter. Auf diese Weise wird es dem Vogel erleichtert, sich mittelst des Flügelschlages in der Luft zu erhalten. Da nun die Körperwärme bekanntlich in enger Beziehung zu dem Athmungsproceß steht, so haben die Vögel im Allgemeinen wärmeres Blut, als die Vierfüßer, und können deswegen in weit kälteren Regionen der Atmosphäre leben.

Bei den Insekten, welche, ähnlich wie die Vögel, weit mehr als wir dem Luftreiche angehören, besteht der zarte Athmungsapparat aus feinen, häutigen Canälen, deren unzählige Verzweigungen sich überall hin verbreiten und sich in die Organe einsenken, fast wie die Wurzelfäserchen einer Pflanze in den Boden. Diese Gefäße heißen Tracheen. Die umgebende Luft dringt in dieselben durch eine Anzahl von Oeffnungen, welche an den Seiten des Leibes liegen und die man bei einer großen Anzahl von Arten schon mit freiem Auge als Punkte erkennt, welche in ihrer Gestalt fast den Knopflöchern gleichen. Die von diesen Luftlöchern ausgehenden Röhren sind fein verzweigt und enden bisweilen mit taschenförmigen Organen; ihre Wandungen sind sehr elastisch und besitzen immer eine fast cylindrische Gestalt, auch wenn sie nicht aufgeweitet werden. Die Anzahl der Tracheen ist erstaunlich groß; so fand Lyonnet bei der Raupe des Erlenspinners 236 Längsäste und 1336 Queräste, so daß der Körper dieses so anspruchlosen Wesens von 1572 Luftröhren durchzogen ist, welche sich unter dem

Mikroskop zeigen, während sicherlich noch viele andere ähnliche Canäle auch bei der stärksten Vergrößerung unsichtbar bleiben.

Die Athmungsthätigkeit der Insekten ist nun leicht zu verstehen. Der Hinterleib, welcher den größten Theil des Tracheensystems in sich birgt, besitzt die Fähigkeit, sich auszudehnen und sich zusammenzuziehen. Zieht er sich zusammen, so werden die Tracheen zusammengedrückt und dadurch die Luft hinausgetrieben; wenn er aber seine vorige Gestalt wieder annimmt, oder sich noch weiter ausdehnt, so erweitern sich die Canäle, und da nun die Luft in ihnen sich verdünnt, so hält sie der äußeren Luft nicht mehr das Gleichgewicht, die letztere strömt daher durch die Luftlöcher ein und erfüllt die Tracheen. Uebrigens können die Athmungsbewegungen sich beschleunigen und verzögern je nach dem Bedürfniß des Thieres; gewöhnlich zählt man 30 bis 50 Einathmungen in der Minute. Im Zustande der Ruhe sind die Luftlöcher weit offen und gestatten der Luft den



Athmungsapparat des Maikäfers.

Ein- und Austritt; indessen vermag das Insekt diese Oeffnungen zu schließen und ist somit im Stande, jede Verbindung zwischen seinem Athmungsapparat und dem umgebenden Mittel zu unterbrechen.

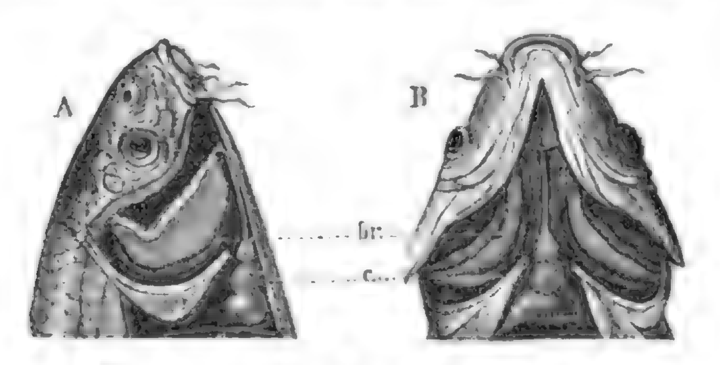
Wir sehen somit, daß die Athmungswerkzeuge der Insekten sehr bedeutend entwickelt sind, und kommen zu dem Schlusse, daß diese Lebensthätigkeit bei diesen kleinen Wesen mit großer Energie vor sich gehen muß. In der That verbrauchen sie eine ungeheure Menge Sauerstoff im Vergleich mit der geringen wägbaren Substanz ihres Körpers.

Gehen wir nun zu den Fischen über. Schon bei der oberflächlichsten Betrachtung eines Fisches fallen uns zwei große Oeffnungen hinter dem Kopfe auf; es sind dies die Kiemenspalten. Ihr innerer Rand ist beweglich und hebt und senkt sich wie ein Thürflügel, wobei er das Athmen vermittelt. Unter dieser Art von Deckel liegen die Kiemen, die Athmungsorgane dieser Wasserbewohner.

Die Kiemen bestehen aus langen und platten Zellen, welche ähnlich wie die Zähne eines Kammes in parallelen Reihen stehen und an den knochigen Kiemenbögen festgeheftet sind. Sie werden von dem lufthaltigen Wasser umspült, welches

dem Thiere die zum Athmen nothwendige Luft liefern muß. Das Wasser dringt durch den Mund ein, gelangt durch eine Art von Schlingbewegung zwischen die Spalten der Kiemenbögen, erreicht die Kiemen, deren große Oberfläche es benetzt, und entweicht endlich durch die Kiemenspalten. Während der innigen Berührung des Wassers und der Kiemen verbindet sich das Blut, welches diese Organe durchströmt und ihnen die bekannte röthliche Färbung ertheilt, mit dem Sauerstoff der Luft, welche das Wasser stets in sich enthält, wenn es bei gewöhnlicher Temperatur mit der Atmosphäre in Berührung ist. Durch diese Sauerstoffaufnahme wird das Blut in Arterienblut verwandelt. So erkennen wir denn, daß die Fische, als deren eigentliches Element wir das Wasser anzusehen gewohnt sind, gerade so wie die Landthiere der Luft unterthan sind, und zu Grunde gehen würden, wenn diese letztere nicht fortwährend von der Atmosphäre an das Wasser abgegeben würde.

Dasselbe gilt für die Pflanzen; auch sie athmen gerade so gut, wie die Thiere, indem der Saft, welcher gewissermaßen das Blut der Gewächse ist, vermittelst der



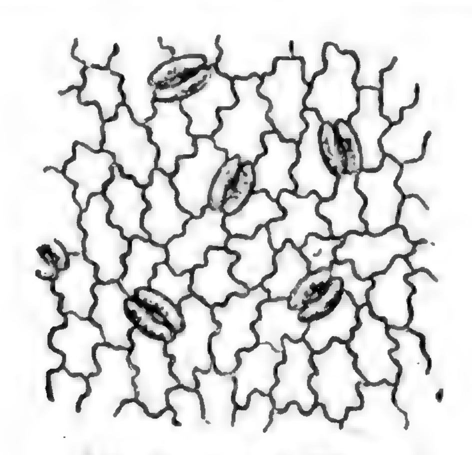

Athmungsapparat der Fische, br, Kiemen, c, Herz.

Thätigkeit der Blätter und der grünen Theile, welche die Respirationsorgane vertreten, mit der Luft in innige Berührung tritt. Unter der Einwirkung der Sonnenstrahlen nehmen diese Organe die Kohlensäure aus der Luft auf und zersetzen dieselbe; den Kohlenstoff verwenden sie zum Aufbau der Gewebe, den Sauerstoff geben sie an die Luft zurück. Allein das Athmen der Pflanzen geht nicht immer in dieser Weise vor sich. Während die Thiere bei Nacht gerade so wie bei Tage Sauerstoff verzehren und dafür Wasserdampf und Kohlensäure aushauchen, athmet die Pflanze auf zweierlei Art. Bei Tage nehmen die Blätter aus der Luft Kohlensäure auf, zersetzen dies Gas und hauchen Sauerstoff aus, bei Nacht dagegen nehmen sie Sauerstoff auf und geben Kohlensäure ab, d. h. sie athmen nach Art der Thiere. Da nun der Kohlenstoff, den die Pflanze während des Tages fixirt, das Hauptmaterial ist, aus welchem die Gewebe gebildet und sämmtliche Organe aufgebaut werden, so lebt und wächst die Pflanze vermöge des Athmens.

Es ist wohl zu beachten, daß nur die grünen Theile der Pflanze in der angegebenen Weise athmen. Die übrigen, nicht grüngefärbten Pflanzentheile, wie

die reifen Früchte, die Samenkörner, die gelben und rothen Blumenblätter u. s. w. athmen im Licht wie im Dunkel stets nach Art der Thiere, d. h. sie verzehren Sauerstoff und geben Kohlensäure ab. Beachtet man nun, daß die grünen Theile weit zahlreicher sind, als die anders gefärbten, und daß die Lebensthätigkeit der Pflanzen in den langen Sommertagen ihren höchsten Grad erreicht, im Winter dagegen fast ganz ruht, so kommt man zu dem Schluß, daß die Pflanzen weit kräftiger auf die erste Art athmen und daher unvergleichlich mehr Kohlenstoff fixiren, als Sauerstoff aufnehmen.

Die Athmungsorgane der Gewächse, die sogenannten Spaltmündungen, bestehen aus einer großen Menge kleiner Luftzellen, welche unter der Oberhaut der Blätter liegen. Dieselben sind so klein, daß ihr Durchmesser höchstens den 30ten Theil eines Millimeters beträgt, wie man denn beispielsweise auf jedem Quadrat-



Athmungsapparat der Pflanzen.

millimeter eines Eichenblattes 250 solcher Spaltmündungen zählt. Jede dieser kleinen Kammern communicirt mit der äußeren Luft vermöge einer kleinen Oeffnung, die durch zwei seitliche überragende Zellen wie durch zwei Lippen fast geschlossen wird. Von den kleinen Luftkammern aus tritt die Luft durch die Zellwände hindurch mit dem Safte in Berührung, welcher sich in den Zellen befindet, und welcher während des Tages reichlich Sauerstoff aushaucht und dafür Kohlensäure aufnimmt. Die beiden an der Oeffnung liegenden Zellen, welche wir vorhin mit Lippen verglichen, sind überdies hygroskopisch, d. h. sie ziehen Wasserdampf aus der Luft an, wobei sie sich je nach dem Feuchtigkeitszustande dieser letzteren zusammenziehen oder ausdehnen, so daß hierdurch die Oeffnung der Spaltmündung bald erweitert, bald verengt, und das Eindringen der Luft bald begünstigt, bald erschwert wird.

Dieses Tagesathmen der Pflanzen, welches beträchtliche Mengen von Sauerstoff in die Luft strömen läßt, compensirt nun glücklicherweise die Wirkung des thierischen Athmens, welches das für das Leben der Menschen nachtheilige Kohlen-

säuregas erzeugt. Mithin reinigen die Pflanzen die durch das Athmen der Menschen und Thiere verdorbene Luft.

Versuchen wir nun zum Schluß, die Größe der Arbeit zu bestimmen, welche die Pflanzen auf der ganzen Erdoberfläche bei ihrem Athmen verrichten. Eine Hectare Wald nimmt jährlich 8000 Pfund Kohlenstoff aus der Luft, eine Hectare Wiesen 7000 Pfund, während eine gleiche Fläche mit Kartoffeln bestandenen Landes 6000 Pfund Kohlenstoff fixirt. Ein Pfund Kohlenstoff liefert beim Verbrennen 4000 Wärmeeinheiten, d. h. 4000 mal so viel Wärme, als erforderlich ist, um die Temperatur von einem Gramm Wasser um einen Grad des hunderttheiligen Thermometers zu erhöhen. Nimmt man nun an, daß jede Hectare Land durchschnittlich 6000 Pfund Kohlenstoff fixirt, so würden die auf dieser Fläche lebenden Pflanzen durch ihr Athmen das zur Entwickelung von 24 Millionen Wärmeeinheiten erforderliche Material aufspeichern. Für Frankreich, welches 55⅓ Millionen Hectaren Oberfläche hat, stellt sich das Gewicht des durch die Pflanzen fixirten Kohlenstoffes auf 332,000 Millionen Pfund, für Europa bei 1000 Millionen Hectaren Oberfläche auf sechs Billionen Pfund. Die ganze Erdoberfläche endlich, soweit sie Pflanzenwuchs trägt, mißt 13,000 Millionen Hectaren; die auf dieser Fläche lebenden Pflanzen fixiren mithin jährlich die ungeheure Zahl von 80 Billionen Pfund reinen Kohlenstoffes.

Ein Mensch verbrennt bei dem Athmen stündlich mindestens neun Gramm Kohlenstoff, also jährlich etwa 158 Pfund, so daß der in einem Jahre verathmete Kohlenstoff mindestens ebenso schwer wiegt, als der Mensch selbst. Dächten wir uns allen Kohlenstoff, welchen die Menschen und die Thiere bei Tage und bei Nacht, die Pflanzen während der Nacht im Laufe eines Menschenalters in Kohlensäure verwandeln, auf einen Haufen gebracht, so müßten wir uns ein ungeheures Kohlengebirge vorstellen. Den Kohlenstoff der Pflanzen verzehren die Menschen und die Thiere in ihrer Nahrung; sie sind lebenden Oefen zu vergleichen, für welche die Nahrung das Brennmaterial vorstellt, während der aus der Luft genommene Sauerstoff in ihnen die Verbrennung ausführt, die wir als Athmungsproceß bezeichnen. Somit ernährt die Pflanze das Thier, und das Thier die Pflanze, und wir sehen somit, daß alle lebenden Wesen durch die engsten Bande zu einer großen Gemeinschaft mit einander verknüpft sind, und daß die Luft dieses Band webt.

So erkennen wir, daß unsere ganze irdische Existenz auf die Athmung basirt ist. Die Luft hebt den Vorhang, wenn der erste Act unseres Lebensdramas beginnt, sie läßt ihn fallen, wenn wir den letzten Seufzer aushauchen. Das neugeborene Kind öffnet seinen kleinen Mund, um die Luft einzuathmen, die fortan sein oberstes Lebensbedürfniß bleiben wird. Zu athmen, ist das erste Verlangen, das zweite gilt erst der Nahrung. Aber auch hier ist es der Luftdruck, der dem Säugling die erste Nahrung verschafft, wenn er seine Lippen an die Mutterbrust

legt und sich unwillkürlich eine Art Luftpumpe bildet, welche den milden Quell sich ergießen läßt, der ihn Monate lang ernähren soll. Und alle Nahrungsmittel, welche wir während des ganzen Lebens in uns aufnehmen, sind durch chemische Processe aus Luft gewoben, so daß wir, wie oben gesagt worden, in der That nichts anderes sind, als organisirte Luft. Mögen wir den Athmungs- oder den Ernährungsproceß betrachten, stets sehen wir, daß die Atmosphäre die oberste Herrscherin über das ganze Leben ist.

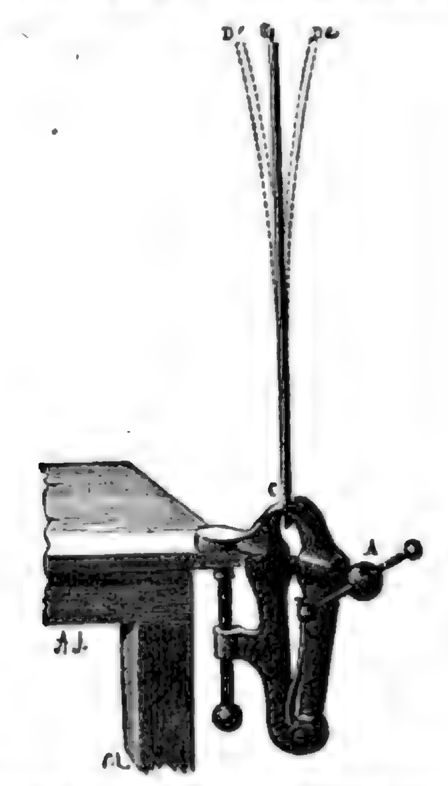
## Sechstes Capitel.

# Ton und Stimme.

Unter den zahlreichen Arbeiten, welche die Atmosphäre vollführt, ist eine der wichtigsten und segensreichsten die Thätigkeit, welche sie ausübt, wenn sie die Gedanken der Menschen von Mund zu Mund fortpflanzt. Die Luft ist die Trägerin des Schalls, der sich ohne sie nicht verbreiten könnte. Hätten wir einige Jahre auf dem luftleeren Monde zugebracht und gelangten plötzlich von dort auf die Erde zurück, so würde uns in überwältigender Weise klar werden, welche ungeheure Arbeit täglich durch die Schallwellen in der Atmosphäre verrichtet wird. Denn überall und zu jeder Zeit wird die Luft von den verschiedensten Tönen durchzogen. Verlassen wir den Lärm der Stadt und weilen am einsamen Strande des Meeres, so hören wir, wie in ewiger, eintöniger Wiederholung die Wellen zum Ufer rauschen, wie die Brandung an den Granitklippen donnert und in unablässigem Anprall die Riffe zertrümmert. Dem feierlichen Brausen der Wogen antwortet das Sausen der Winde, die von der glühenden Tropenzone zu den Eisfeldern des Pols und wieder zurück stürmen. Bergen wir uns in die Tiefe des schweigenden Waldes, so erkennt unser lauschendes Ohr sehr bald, daß das Schweigen nur Täuschung ist, und vernimmt in wirrem Durcheinander Tausende von Naturlauten: hier locken sich Vögel mit leisem Gezwitscher, dort plätschert der Bach thalabwärts; bald seufzt der Wind durch die gebeugten Wipfel, bald fällt ein welkes Blatt raschelnd zur Erde, bald schwirrt summend ein Insekt vorüber. Haben wir den stillen Frieden der ländlichen Fluren genossen, so empfängt uns bei unserer Rückkehr das bald wüste, bald heitere Getreibe der Straßen mit seinen tausendfältigen Stimmen, und in der traulichen Wohnung ergötzt uns das fröhliche Geplauder, oder die Musik trägt unsern Geist auf ihren berückenden Wogen dahin.

Mit gerechtem Erstaunen bewundern wir die Treue, mit welcher der Spiegel

die feinsten Schattirungen und die zartesten Linien unseres Gesichtes wiedergiebt — und doch ist die Verbreitung des Wortes vielleicht eine noch staunenswerthere Erscheinung. Wohl ist es zu bewundern, wie die Rede mit voller Klarheit zu den Ohren von Tausenden von Zuhörern dringt, welche mit athemloser Spannung an den Lippen eines begeisterten Redners hängen, und wir fragen, wie ist es möglich, daß die Atome der Luft dem Gedanken einen Körper verleihen, wie ist es möglich, daß sie die Gefühle und die Leidenschaften, die den Redner bewegen, bis auf die feinsten Schattirungen dem Zuhörer übermitteln?



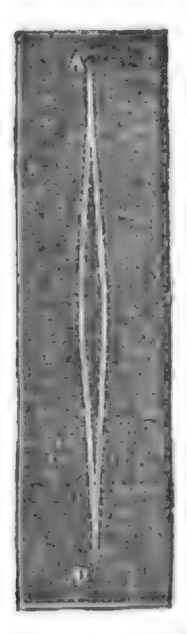
Schwingungen eines elastischen Metallstreifens.

Fragen wir nun zunächst, was ist denn eigentlich der Schall, so lautet die Antwort: nichts weiter, als eine in der Luft hervorgerufene Bewegung, die sich durch Schwingungen wellenförmig fortpflanzt. Wenn das Ohr sie vernehmen soll, so müssen diese Schwingungen weder zu langsam, noch zu schnell vor sich gehen. Vollführt die bewegte Luft sechzehn Schwingungen in der Secunde, so erschallt der tiefste Ton, den wir noch wahrnehmen können; wächst die Zahl der Schwingungen in der Secunde auf 40,000, so erklingt der höchste schrille Ton, den der Gehörsnerv uns noch zum Bewußtsein bringen kann.

Um uns diese Bewegung zu veranschaulichen, denken wir uns das eine Ende C eines elastischen Metallstreifens DC in einen Schraubstock A eingeklemmt; das obere Ende D wird seitwärts bis D′ gebogen und darauf der Streifen sich selbst überlassen. Vermöge der Elasticität, welche ihn seine ursprüngliche Lage wieder

anzunehmen treibt, schnellt er zurück; allein die erlangte Geschwindigkeit führt ihn über diese Lage hinaus bis D'', und er vollführt nun eine Reihe von Schwingungen, deren Weite immer mehr abnimmt, bis der Streifen nach kürzerer oder längerer Zeit zur Ruhe kommt. Ist er lang genug, so gehen die Schwingungen so langsam vor sich, daß das Auge sie bequem verfolgen kann; verkürzt man ihn aber mehr und mehr, so schwingt er immer schneller, und es tritt ein Zeitpunkt ein, wo man die einzelnen Schwingungen nicht mehr unterscheiden kann. Allein jetzt tritt gewissermaßen das Ohr an die Stelle des Auges, und vernimmt einen deutlichen Ton, dessen Klangfarbe von der Natur des schwingenden Körpers abhängt.

Ein anderes Beispiel von der Erzeugung des Tons bieten uns die Schwingungen einer Saite, welche straff gespannt ist und in der Mitte angeschlagen wird.



Schwingungen einer Saite.

Das Auge erblickt sie jetzt als eine lange Spindel. Indem nämlich die Netzhaut jeden empfangenen Lichteindruck eine Zeit lang bewahrt und die Schwingungen sehr schnell stattfinden, sieht das Auge die Saite zu gleicher Zeit in allen ihren Lagen, vorausgesetzt, daß die Dauer einer Schwingung kürzer ist, als die Dauer des Lichteindruckes, welche im Allgemeinen den zehnten Theil einer Secunde beträgt.

Der Ton ist also nichts Anderes, als eine Wahrnehmung unseres Gehörorgans, hervorgerufen durch die schwingende Bewegung eines Körpers. Allein es genügt noch nicht, daß ein Körper schwingt, und daß ein Ohr da ist, um den Ton zu vernehmen, es muß vielmehr noch eine Verbindung zwischen dem Körper und dem Gehörsorgan hergestellt werden, welche die Schwingungen des ersteren an das letztere übermittelt. Hierzu ist ein fester, flüssiger oder gasförmiger Körper erforderlich, der aus einer mehr oder minder elastischen Substanz besteht. Ließe man einen

Körper in einem absolut leeren Raume oder in einem völlig unelastischen Mittel schwingen, so würde das Ohr keinen Ton vernehmen, oder vielmehr es existirte gar kein Ton in der eigentlichen Bedeutung des Wortes. Wir gelangen also zu folgender Definition: Der Ton ist ein Sinneseindruck, hervorgerufen durch die Schwingungen eines Körpers, welche sich durch irgend ein elastisches Mittel bis zu unserem Ohre fortpflanzen.

Fragen wir jetzt, mit welcher Geschwindigkeit diese Bewegung sich verbreitet.

Messung der Geschwindigkeit des Schalles.

Die ersten genaueren Untersuchungen über die Geschwindigkeit des Schalls wurden im Jahre 1738 von einer Commission der pariser Akademie ausgeführt, welcher Lacaille und Cassini angehörten. Auf dem Montmartre und zu Mont Chéry waren Kanonen aufgestellt, aus denen von einem bestimmten Augenblicke an in gleichen Zwischenräumen Schüsse abgefeuert wurden; die Beobachter maßen die Zeit, welche zwischen dem Aufblitzen des Pulvers und dem Eintreffen des Schalles verstrich. Aus dieser Zeit und aus der bekannten Entfernung der beiden Beobachtungsorte erhielt man 337 Meter als Geschwindigkeit des Schalls für eine Secunde. Dies Experiment wurde im Jahre 1822 von den Mitgliedern des Längenbureau wiederholt. Die Beobachter waren dieses Mal Arago, Gay Lussac, Humboldt, Prony,

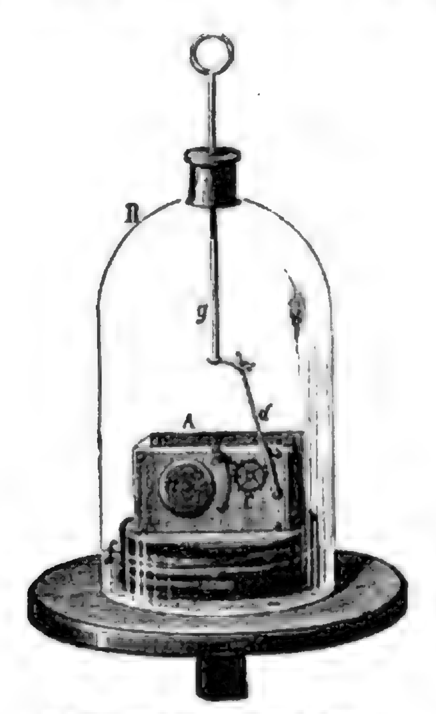
Digitized by Google

Bouvard und Mathieu. Man wählte als Beobachtungsorte Mont Chéry und Villejuif und fand, daß der Schall bei einer Temperatur von zwölf Grad in einer Secunde 340 Meter zurücklegt. Aehnliche Experimente sind in großer Anzahl in den verschiedensten Ländern angestellt worden. Neuerdings hat sich Regnault mit diesem Gegenstande beschäftigt, wobei er alle die Hülfsmittel, welche die moderne Physik in so reichem Maße bietet, benutzte, wie er namentlich die Momente des Abfeuerns und das Eintreffen des Schalls durch telegraphische Signale registriren ließ. Diese neuesten Untersuchungen haben ergeben, daß die Geschwindigkeit des Schalls sich mit der Dichtigkeit und der Elasticität der Luft ändert, und da diese beiden von der Temperatur abhängig sind, auch durch den Wärmegrad der Luft beeinflußt wird. Aus den genauesten Messungen folgt, daß die Geschwindigkeit des Schalls bei 12° R. unter Null bis auf 322 Meter sinkt, während sie bei Null Grad 332 Meter beträgt, und bei 12 Grad auf 339, bei 32 Grad auf 354 Meter steigt.

Der Schall verbreitet sich durch die Luft vermöge einer Wellenbewegung, welche man einigermaßen mit den kreisförmigen Wellen vergleichen kann, die ein in das Wasser geworfener Stein auf der Oberfläche eines Teiches erzeugt. Allein beide Erscheinungen sind trotz ihrer Aehnlichkeit doch sehr von einander verschieden. Bei den Wasserwellen heben und senken sich die einzelnen Wassertheilchen abwechselnd, ohne daß sie eine Veränderung ihrer Dichtigkeit erleiden, während bei den Schallwellen alle Theile der erschütterten Luft sich abwechselnd verdichten und verdünnen. In einem wichtigen Punkte stimmen aber beide Erscheinungen überein: die einzelnen Theilchen rücken bei der Wellenbewegung nicht von der Stelle. Beachtet man einen kleinen auf dem Wasser schwimmenden Körper, so sieht man, wie er sich unter Einfluß der Wellenbewegung zwar hebt und senkt, aber immer an demselben Punkte der Oberfläche bleibt; ebenso werden die einzelnen Lufttheilchen von der Wellenbewegung nicht fortgerissen, sondern vollführen ihre Schwingungen, welche in Verdichtungen und Verdünnungen bestehen, an derselben Stelle. Wir können zwar diese Bewegung nicht wirklich sehen, wenn aber unser Vorstellungsvermögen genügend geübt ist, so vermag unser geistiges Auge sich recht gut eine richtige Anschauung von einer Schallwelle zu bilden. Wir sehen im Geiste, wie die Lufttheilchen sich zusammenziehen und alsbald nach dieser Verdichtung sich ausdehnen, so daß eine Luftverdünnung eintritt, und stellen uns somit die Schallwelle als aus zwei Haupttheilen bestehend vor: in dem einen ist die Luft verdichtet, in dem andern verdünnt.

Wenn nun aber die Luft zur Fortpflanzung des Schalls nothwendig ist, was wird dann eintreten, wenn ein tönender Körper, z. B. das Schlagwerk einer Uhr, sich in einem luftleeren Raume befindet? Es wird eben kein Ton aus diesem Raume hervordringen, vielmehr wird der Hammer ohne jedes Geräusch gegen die

Glocke schlagen. Hawksbee stellte dies interessante Experiment im Jahre 1705 in einer Sitzung der Royal Society in London an. Er stellte unter die Glocke einer Luftpumpe ein Schlagwerk, dessen Hammer auch nach dem Auspumpen der Luft zu schlagen fortfuhr. So lange die Glocke mit Luft gefüllt war, hörte man deutlich jeden Schlag, nach dem Auspumpen aber konnte man den Ton nur ganz schwach vernehmen. Wäre es möglich gewesen, die Luft vollständig aus der Glocke zu entfernen und die Fortleitung des Schalls durch die feste Unterlage zu verhindern, so würde auch dieser letzte Ton verstummt sein. Die Figur zeigt einen Apparat,




Schlagwerk im luftleeren Raum.

mit welchem man Hawksbees Experiment in vollkommnerer Weise anstellen kann. Unter der Luftpumpenglocke B befindet sich ein Uhrwerk A mit Schlagvorrichtung, deren Hammer c durch eine Sperrvorrichtung festgehalten wird. Nachdem man die Luft so weit wie möglich ausgepumpt hat, löst man mittelst eines Stiftes g, welcher durch eine Stopfbüchse in die Glocke hineingeführt ist, ohne der Luft den Zutritt zu gestatten, den Drücker d, wodurch der Hammer b frei wird. Die Glocke a wird nun von dem Hammer getroffen, ohne daß man einen Ton hört. Läßt man nun die Luft langsam wieder in die Glocke einströmen, so vernimmt man alsbald einen leisen Ton, der immer mehr anschwillt in dem Grade, als die Dichtigkeit der Luft zunimmt. Nach Saussures Beobachtungen schallt auf dem Gipfel des Mont Blanc ein Pistolenschuß nicht lauter als das Geräusch, welches ein gewöhnlicher Schwärmer in der Ebene hervorbringt. Da im luftleeren Raume kein Ton entsteht, so könnten außerhalb unserer Atmosphäre in dem Gebiete

unseres Planetensystems die furchtbarsten Katastrophen stattfinden, ohne sich durch ein noch so leises Geräusch auf der Erde wahrnehmbar zu machen.

Wir haben uns die Bewegung der schwingenden Luft als eine kugelförmige Welle vorzustellen, welche sich nach allen Richtungen hin mit gleicher Geschwindigkeit verbreitet, und deren Bewegung mit wachsender Entfernung immer geringer wird. Bei welcher Grenze erlischt nun der Ton? Diese Grenze ist nicht dieselbe für alle Personen, da das Wahrnehmungsvermögen bei den einzelnen Individuen je nach ihrer Organisation und ihrer Uebung sehr verschieden ausgebildet ist. Auf alle Fälle müssen wir annehmen, daß die Luftwelle sich immer weiter fortpflanzt, auch wenn das geübteste Ohr keinen Eindruck mehr von ihr empfängt. In volkreichen Städten bringt das unaufhörliche Geräusch, welches so viele Personen verursachen, einen characteristischen Unterschied zwischen Nacht und Tag hervor. Bei Tage durchkreuzen sich diese einzelnen Laute, vermengen sich zu einem wirren Durcheinander und übertäuben jedes einzelne Geräusch; während der Nacht dagegen schwächt nichts die Intensität des Schalles, und das Ohr vernimmt in voller Deutlichkeit das Rollen des Donners, das Heulen des Windes oder den schrillen Schrei des Raubvogels. Als Flammarion im Luftballon mitten in der Nacht über die Ebene der Charente dahinflog, hörte er das Plätschern eines Baches so laut wie das Geräusch eines Wasserfalles, und das Quaken der Frösche war trotz der Höhe von 3000 Fuß deutlich vernehmbar. In der Höhe von 10,000 Fuß verstummt jedes Geräusch, und der Luftschiffer, der eine solche Höhe erreicht hat, gleitet in tiefem, feierlichem Schweigen durch die eisige Einöde der Atmoshpäre dahin, ohne daß irgend ein irdischer Laut an sein Ohr dringt.

„Die Geschwindigkeit der Schallwellen, sagt Tyndall, ist vorzugsweise von zwei Bedingungen abhängig, nämlich von der Elasticität und der Dichtigkeit des Mittels, in welchem sie sich verbreiten." Die Elasticität der Luft richtet sich nach dem Druck, den sie zu ertragen hat und welchem sie das Gleichgewicht hält. Am Meeresufer entspricht dieser Druck, wie wir gesehen haben, einem Barometerstande von 760 Millimeter; auf dem Mont Blanc dagegen steigt das Barometer nur wenig über die Hälfte der angegebenen Höhe, und die Elasticität der Luft ist daher in dieser bedeutenden Höhe nur etwa halb so groß, als an der Küste.

„Könnten wir, fährt Tyndall fort, die Elasticität der Luft verstärken, ohne gleichzeitig ihre Dichtigkeit zu vergrößern, so vermöchten wir die Geschwindigkeit des Schalls zu erhöhen. Wir würden sie ebenfalls erhöhen, wenn wir die Dichtigkeit vermindern könnten, ohne dabei die Elasticität zu verändern. Erhitzen wir daher die Luft in einem geschlossenen Gefäße, in welchem sie sich nicht ausdehnen kann, so wird die Elasticität durch die Wärme vergrößert werden, während die Dichtigkeit unverändert bleibt. Durch so erwärmte Luft pflanzt sich der Schall schneller fort, als durch kalte Luft. Kann sich die Luft frei ausdehnen, so wird

ihre Dichtigkeit durch Erwärmen vermindert, während ihre Elasticität dieselbe bleibt, und durch solche Luft muß der Schall schneller, als durch kalte Luft gehen. Dies ist der Fall bei unserer Atmosphäre, wenn sie durch die Sonne erwärmt wird. Sie dehnt sich aus und wird leichter, während ihr Druck, oder was dasselbe ist, ihre Elasticität dieselbe bleibt." Es muß daher die Geschwindigkeit des Schalls mit der Temperatur wechseln; bei Null Grad beträgt sie 332 Meter für die Secunde, ist bei niedrigerer Temperatur geringer, bei höherer größer, und verändert sich durchschnittlich um 75 Centimeter für einen Temperaturunterschied von einem Grad Réaumur.

Bei derselben Elasticität ist die Dichtigkeit des Wasserstoffgases bei weitem geringer, als die der Luft, und in Folge hiervon ist die Geschwindigkeit des Schalls größer in Wasserstoff, als in Luft. Der umgekehrte Fall tritt bei der Kohlensäure ein, welche dichter als die Luft ist bei gleicher Elasticität; mithin ist hier die Schallgeschwindigkeit geringer.

Daß auch in sehr verdünnter Luft ein intensiver Schall sich noch fortpflanzen kann, beweisen die Explosionen, welche man hört, wenn Meteorsteine in sehr bedeutender Höhe zerspringen; freilich muß hierbei die erste Erschütterung eine ungemein heftige sein.

Die bei der Verbreitung des Schalls stattfindende Bewegung wird, wie jede andere, schwächer, wenn sie von einem dünneren in ein dichteres Mittel übergeht; dies zeigt sich deutlich bei der Wirkung, welche das Wasserstoffgas auf die menschliche Stimme ausübt. Die Töne der Stimme werden dadurch erzeugt, daß die Luft aus den Lungen in den Kehlkopf strömt und bei ihrem Durchgang durch dies Organ von den Stimmbändern in Schwingungen versetzt wird. Füllt man nun die Lungen mit Wasserstoffgas und versucht zu sprechen, so übertragen die Stimmbänder ihre Schwingungen auf das Gas, welches dieselben der äußeren Luft mittheilt; dieser Uebergang aus einem dünneren in ein weit dichteres Mittel hat eine beträchtliche Schwächung des Tons zur Folge. Tyndall hat diese merkwürdige Thatsache in der Royal Society durch das Experiment nachgewiesen. Er füllte durch kräftiges Einathmen seine Lungen mit Wasserstoffgas und sprach nun; seine für gewöhnlich laute und klangvolle Stimme hatte jetzt einen matten und rauhen Ton und die Worte tönten dumpf, als wenn sie aus einem Keller hervorschallten.

Indem die Schallwelle sich von dem Erschütterungspunkte nach allen Richtungen hin fortpflanzt, verbreitet sich die schwingende Bewegung der Luft auf immer größere Oberflächen, so daß die Intensität der Bewegung nothwendig immer mehr abnehmen muß. Denken wir uns um den Erschütterungspunkt eine Kugeloberfläche mit einem Halbmesser von einem Meter beschrieben, so hat eine Kugel, die mit einem Radius von zwei Meter beschrieben ist, eine vier mal so große Ober=

fläche; beträgt der Radius drei Meter, so ist die Oberfläche neun mal — beträgt er vier Meter, so ist sie sechzehn mal so groß; kurz die Oberflächen der Kugeln wachsen im Verhältniß der Quadrate der Radien. Die Intensität des Schalls vermindert sich daher in demselben Maße, und wir sprechen dies Gesetz in den Worten aus: die Stärke des Schalls nimmt in demselben Verhältniß ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt. Diese Schwächung des Schalls würde nicht stattfinden, wenn die Welle sich unter Bedingungen fortpflanzte, welche keine seitliche Verbreitung des Schalls gestatten. Senden wir den Schall durch ein Rohr, dessen innere Fläche frei von jeder Unebenheit ist, so erfüllen wir diese Bedingung, und die somit auf eine Richtung beschränkte Wellenbewegung pflanzt sich auf große Entfernungen hin fort, ohne merklich an Intensität zu verlieren. Als Biot die Leitung des Schalls in den leeren Röhren der pariser Wasserleitung untersuchte, konnte er sich in einer Entfernung von 3000 Fuß ganz gut verständlich machen, auch wenn er nicht laut sprach. Selbst ein leises Flüstern wurde in dieser großen Entfernung noch gehört, und ein Pistolenschuß, der vor der einen Oeffnung abgefeuert wurde, löschte am andern Ende eine Kerze aus.

Trifft die Schallwelle auf einen Körper, der ihrer Verbreitung hindernd in den Weg tritt, so erleidet sie eine ähnliche Einwirkung, wie die Lichtwelle, die auf eine polirte Fläche trifft, d. h. sie wird zurückgeworfen und es entsteht die interessante Erscheinung des Echo. Soll dasselbe deutlich wahrzunehmen sein, so muß der Beobachter mindestens 17 Meter von der zurückwerfenden Fläche entfernt sein. Bei größerer Annäherung entsteht statt des Echos nur ein verworrenes Hallen, wie es sich in manchen großen Sälen hören läßt und die Verständlichkeit eines Redners in hohem Grade beeinträchtigt. Da wir in der Secunde etwa vier Silben aussprechen können, so wird das Echo deutlich vier Silben wiederholen, wenn die zurückwerfende Fläche so weit entfernt ist, daß wir bereits die vierte Silbe gesprochen haben, wenn der Wiederhall der ersten zurückkommt. Beachten wir nun, daß alle Töne, die hohen wie die tiefen, sich mit derselben Geschwindigkeit von 340 Metern in der Secunde fortpflanzen, so sehen wir, daß das Echo in einer halb so großen Entfernung vier schnell gesprochene Silben wiederholen muß. In größerer Entfernung kann es mehr Silben, ja ganze Sätze deutlich zurückschicken. So wiederholt z. B. das Echo im Park von Woodstock 19 Silben. An manchen Orten hört man das Echo denselben Laut mehrere Male wiedergeben, wie schon Plinius von einer Säulenhalle in Olympia berichtet, die denselben Ton 20 mal wiederholte. Ein solches vielfaches Echo wird durch mehrere Flächen gebildet, welche den Schall hin und her werfen, ähnlich wie zwei einander gegenüber stehende Spiegel einen Lichtstrahl.

Die Schwingungszahlen der wahrnehmbaren Töne liegen zwischen 16 und 40,000 für die Secunde, welche Grenzen sich für sehr feine Ohren wohl nach

beiden Seiten hin noch ein wenig erweitern. Die Schwingungen des Aethers, welche Wärme und Licht hervorrufen, gehen unendlich viel schneller vor sich. Die unsichtbaren Wärmestrahlen beginnen bei 65 Billionen Schwingungen, die sichtbaren farbigen Strahlen vollführen 400 bis 700 Billionen, die unsichtbaren chemischen Strahlen endlich 1000 Billionen in der Secunde. Was wird nun aus den Schwingungen, welche zwischen 40,000 und 400 Billionen liegen, welche mit andern Worten zu schnell vor sich gehen, um noch einen Ton zu erzeugen, und zu langsam, um als Licht wahrnehmbar zu werden? Einzelne derselben kommen uns zwar durch unser Gefühl als Wärmestrahlen zum Bewußtsein, allein für die bei weitem größere Zahl fehlen uns die Nerven, um sie zu empfinden. Es folgt hieraus, daß wir die Natur nur in beschränktem Maße erkennen, und daß viele Bewegungen um uns her vorgehen können, ohne daß wir sie wahrnehmen.

Die Töne, welche der menschlichen Stimme angehören, reichen vom F mit 87 Schwingungen bis zum C mit 4200 Schwingungen.

Bei jedem Ton sind vier Haupteigenschaften zu berücksichtigen: die Dauer, die Höhe, die Stärke und die Klangfarbe. Die drei ersten erklären sich schon durch die Bezeichnung; unter Klangfarbe versteht man den eigenthümlichen Klang, der jedem Instrument besonders zukommt, und der uns leicht die Töne einer Violine von denen einer Flöte oder einer Clarinette unterscheiden und uns die Personen beim Sprechen oder Singen an ihrer Stimme erkennen läßt. Die Klangfarbe ist für die Physiker und Physiologen lange ein Räthsel gewesen. Erst vor wenigen Jahren haben die Untersuchungen von Helmholz gezeigt, daß sie von der Anzahl und Stärke der Obertöne abhängt, welche zugleich mit dem angegebenen Ton erklingen.

Die an der Erdoberfläche erzeugten Töne verbreiten sich von unten nach oben weit leichter als in jeder anderen Richtung, und pflanzen sich bis zu bedeutenden Höhen der Atmosphäre fort. So vernahm Flammarion, als er im Luftballon etwa 1200 Fuß hoch über Paris schwebte, ein ungeheures und unbeschreiblich wirres Getöse. Er war von dem verhältnißmäßig ruhigen Garten der Sternwarte aufgestiegen und war nicht wenig verwundert, als er in dies Chaos von Tönen und tausendfältigen Klängen gerieth. Die folgenden Beispiele mögen diese Verbreitung des Schalls nach Oben erläutern.

Der Pfiff einer Locomotive ist noch bei einer Höhe von 9000 Fuß, das Gerassel eines Eisenbahnzuges bei 7500, das Bellen eines Hundes bei 5400 Fuß hörbar. Ebenso hoch dringt der Knall eines Flintenschusses; der Lärm über einer volkreichen Stadt läßt sich bisweilen bei 5000 Fuß vernehmen, und bis zu derselben Höhe dringt das Krähen des Hahns und das Läuten einer Glocke. Bei 4200 Fuß hört man deutlich den Trommelwirbel und alle Töne eines Orchesters, bei 3600 Fuß das Rasseln der Wagen auf dem Pflaster. Der Ruf einer mensch-

lichen Stimme dringt bis 3000 Fuß, das Quaken der Frösche läßt sich bis 2800 und das Zirpen der Grille bis 2400 Fuß vernehmen. Der Schall verbreitet sich nicht mit gleicher Leichtigkeit von oben nach unten; während wir im Luftballon deutlich die Worte verstehen, die uns von einem 1500 Fuß tiefer gelegenen Punkte zugerufen werden, können wir uns erst verständlich machen, wenn wir 3—400 Fuß oberhalb des Bodens schweben. Als Flammarion am 23. Juni 1867 mit seinem Ballon hoch in den Wolken schwebte und jeden freien Ausblick auf

Beobachtung des Echo über einem Wasserspiegel.

die Erde verloren hatte, hörte er plötzlich zu seiner größten Ueberraschung die Musik eines Orchesters. Alle Töne waren mit der größten Deutlichkeit zu vernehmen, und es machte den Eindruck, als ob die Musik in der Entfernung weniger Meter in den Wolken selbst erschallte. Der Ballon schwebte fast 3000 Fuß hoch über dem Städtchen Antony, von wo die Töne in die Luft emporgedrangen. Die Wolken bildeten kein Hinderniß, vielmehr verstärkten sie die Töne, welche aus ihnen hervorzuquellen schienen. Um die Geschwindigkeit des Schalls in hohen Regionen zu bestimmen, maß Flammarion die Zeit, welche zwischen einem ausgestoßenen Ruf und dem Eintreffen des Echos verstrich; mit Hülfe dieser Methode fand er die Geschwindigkeit zu 330 bis 340 Meter für die Secunde.

Digitized by Google

Auch über die Zurückwerfung des Schalls durch verschiedenartige Oberflächen, sowie über die senkrechte Verbreitung durch Schichten von verschiedener Dichtigkeit hat er bei Luftreisen specielle Untersuchungen angestellt. Schwebt man in einer bedeutenden Höhe, so schallt ein lauter Ton von der Erde zurück, der einen ganz eigenthümlichen Klang hat und gar nicht von unten zu kommen scheint, fast als stamme er aus einer anderen Welt. In der geringen Höhe von 1000 bis 1500 Fuß erkennt man deutlich, daß ein vollkommen ruhiger Wasserspiegel den Schall am besten zurückwirft. Wird die Wasserfläche auch nur von einem leisen Winde bewegt, so klingt das Echo nicht mehr klar. Wiesen und Felder werfen den Schall noch schlechter zurück. Bei einer Luftfahrt oberhalb des Sees von St. Hubert reflectirte die Wasserfläche die Worte so deutlich und mit solcher Treue, wie der Spiegel ein Bild wiedergiebt. Da der Ballon in rascher Bewegung war, so trat der eigenthümliche Fall ein, daß die Oberfläche des Sees die eine Hälfte eines Satzes in voller Deutlichkeit zurückwarf, während die zweite Hälfte von den unebenen Ufern nur unverständlich wiedergegeben wurde.

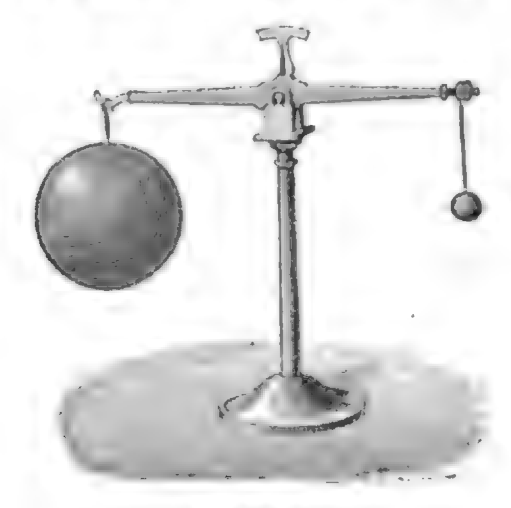
Ebenso wie die Luft den Schall fortpflanzt, ist sie auch die Trägerin der Gerüche, die sich auf der Erdoberfläche verbreiten. Der Geruch wird nicht wie der Schall und das Licht durch Schwingungen hervorgerufen, vielmehr wird er, wie Fourcroy zuerst nachgewiesen hat, dadurch erzeugt, daß unendlich kleine Massentheilchen sich von den Körpern loslösen, sich verflüchtigen und sich der Atmosphäre beimischen. Gerade die Verbreitung der Gerüche giebt uns eine gute Vorstellung von der Theilbarkeit des Stoffes. Eine ganz geringe Quantität Moschus verbreitet während einer langen Zeit einen starken Geruch in einem Zimmer, ohne daß man einen Gewichtsverlust bemerkt, und die Büchse, welche den Moschus enthielt, bewahrt den Geruch für immer. Haller erzählt, daß ein mit Ambra parfumirtes Papier noch nach 40 Jahren deutlich diesen Geruch zeigte. Ein stark nach Moschus duftendes Buch besaß diesen Geruch noch nach zwölf Jahren in derselben Stärke. Der Geruch verbreitet sich durch die Luft bis auf sehr große Entfernungen. Ein Hund erkennt seinen Herrn durch seinen Geruchssinn auf sehr große Distancen, und der Wind soll die köstlichen Wohlgerüche der Zimmtwälder auf Ceylon mehrere Meilen weit auf das Meer hinaus tragen.

## Siebentes Capitel.

### Aufsteigungen im Luftballon. Das Leben in hohen Regionen.

Da die Luft, wie wir gesehen haben, nicht gewichtslos ist, sondern eine Art elastischer Flüssigkeit bildet, die sehr viel leichter ist, als das Wasser, so kommen wir bei einiger Ueberlegung zu dem Schlusse, daß ein Körper, der leichter ist, als die Luft, in ihr in die Höhe steigen muß, gerade so wie ein Kork, den man unter Wasser taucht, an die Oberfläche hinaufsteigt. Wenn die Atmosphäre über der Erdoberfläche ein gleichförmiges Luftmeer bildete, welches überall von derselben Dichtigkeit wäre und ähnlich wie der Ocean eine scharf begrenzte Oberfläche besäße, so würde jeder Körper, dessen Dichtigkeit geringer wäre, als die der Luft, wenn man ihn sich selbst überließe, durch den Auftrieb nach Oben geführt werden und würde auf der Oberfläche des Luftmeeres schwimmen. So stellten sich mehrere Vorläufer von Montgolfier die Sache vor, unter anderen der Pater Galien in seinem phantastischen Buche über Luftschifffahrt vom Jahre 1755. Sein Luftschiff sollte 54 mal mehr Belastung einnehmen können, als die Arche Noahs, es sollte denselben Raum erfüllen, wie die ganze Stadt Avignon, und nur zum 83ten Theil in die Luft eintauchen. Nach der Hypothese des guten Paters sollte dies Riesenschiff aus Blech nach denselben Gesetzen auf dem Luftocean schwimmen, wie ein hölzernes Schiff auf dem Meere. Nun nimmt aber die Dichtigkeit der Luftschichten immer mehr ab, je höher man sich erhebt, und es steigt daher jeder Körper, der leichter als die unteren Luftschichten ist, nur so hoch, bis das von ihm verdrängte Luftvolumen gerade so viel wiegt, als der Körper selbst. Wie schon oben erwähnt, gilt das bekannte Archimedische Princip nicht nur für Körper, welche in eine Flüssigkeit eintauchen, sondern läßt sich auch auf die Luft ausdehnen, wo es dann lautet: Jeder Körper, der sich in einem lufterfüllten Raume befindet, verliert so viel an seinem Gewichte, als die verdrängte Luft wiegt.

Dieser Gewichtsverlust, den ein Körper in der Luft erleidet, läßt sich durch eine Art Wage, das sogenannte Baroskop sichtbar machen. Der eine Arm des Wagebalkens trägt eine hohle kupferne Kugel, während an dem andern Ende eine kleine Bleikugel befestigt ist, welche im lufterfüllten Raum der kupfernen Kugel das Gleichgewicht hält. Setzt man diesen Apparat unter die Glocke einer Luftpumpe, so neigt sich beim Auspumpen der Wagebalken nach der Seite der Kupferkugel, woraus hervorgeht, daß diese in Wirklichkeit schwerer ist, als die Bleikugel, oder mit anderen Worten, daß sie in der Luft mehr an ihrem Gewichte verliert, als diese, welche einen weit kleineren Raum einnimmt. Will man zeigen, daß dieser Verlust wirklich dem Gewichte der verdrängten Luft gleich ist, so hat man zunächst das Volumen der Kugel zu messen; dasselbe möge gleich einem halben Liter sein. Da nun ein gleiches Volumen Luft 0,65 Gramm wiegt, so wird



Das Baroskop.

das Gleichgewicht im luftleeren Raum hergestellt, wenn man ein Bleistückchen von dem angegebenen Gewicht dem ersten hinzufügt, wird aber sofort wieder gestört, sobald man die Luft zuströmen läßt.

Ein Luftballon ist nichts anderes, als ein Körper, welcher leichter ist, als die von ihm verdrängte Luft; mithin muß er steigen und bis zu solcher Höhe dringen, wo die Dichtigkeit der Atmosphäre so geringe ist, daß das verdrängte Luftvolumen gerade so schwer wiegt, wie der Ballon selbst. Wenn es auch auf den ersten Blick scheinen mag, daß das Aufwärtssteigen eines Körpers mit den Gesetzen der Schwere im Widerspruch steht, so ist es doch gerade umgekehrt eine Bestätigung derselben. Wenn das Gas, mit dem man den Ballon füllt, die seidene Hülle, die Gondel, das Netzwerk, welches die letztere trägt, die Luftschiffer, die Instrumente — wenn dies Alles weniger wiegt, als die verdrängte Luft, so überwindet der Auftrieb, oder das Steigevermögen, die nach unten gerichtete Schwerkraft und der Ballon erhebt sich in die Luft. Der erste Ballon, welchen

Montgolfier steigen ließ, war einfach mit erwärmter Luft gefüllt. Setzt man die Dichtigkeit der Luft bei Null Grad gleich eins, so ist ihre Dichtigkeit bei 80 Grad, d. h. bei der Temperatur des siedenden Wassers gleich 0,72, mithin ist die kalte Luft etwa nur um ein Drittel schwerer, als die heiße, so daß der Ballon nur durch eine geringe Kraft nach oben getrieben wird. Dagegen ist die Dichtigkeit des reinen Wasserstoffgases vierzehn mal geringer, als die der Luft, so daß dies Gas zur Füllung des Luftballons vorzüglich geeignet ist. Jetzt bedient man sich gewöhnlich des Leuchtgases, welches allerdings weit schwerer ist, als der Wasserstoff, sich aber in jeder größeren Stadt leicht beschaffen läßt.

Seifenblasen mit Wasserstoff gefüllt.

In Folge eines glücklichen Zusammentreffens, wie sich ein solches in der Geschichte der Wissenschaften öfters findet, wurde das Wasserstoffgas gerade zu derselben Zeit entdeckt, in welcher der Luftballon erfunden wurde. Im Jahre 1782 ließ der Physiker Cavallo in London vor seinen Zuhörern Seifenblasen steigen, welche mit Wasserstoff gefüllt waren und sich bis zu der Decke des Zimmers erhoben.

Ein mit erwärmter Luft gefüllter Ballon wird Montgolfiere genannt im Gegensatz zu dem eigentlichen mit Wasserstoff oder mit Leuchtgas gefüllten Luftballon. Einen solchen ließen zum ersten Male Charles und die Brüder Robert am 27. August 1783 in Paris steigen. Der erste Ballon mit Gondel erhob sich in Versailles am 19. September 1783 unter den Augen von Ludwig XVI. und

Marie Antoinette, und führte als Passagiere ein Schaf, eine Ente und einen Hahn mit sich. Am 21. October desselben Jahres wurde die erste eigentliche Luftreise von Pilatre de Rozier und dem Marquis d'Arlandes ausgeführt, welche sich in einer Montgolfiere vom Boulogner Hölzchen aus erhoben und südlich von Paris bei Montrouge landeten, nachdem sie quer über die Stadt dahingeflogen waren.

Der Augenblick der Abfahrt macht stets einen feierlichen Eindruck auf den Luftschiffer. Flammarion, der bei zehn Fahrten mehr als 200 Meilen in der Atmosphäre zurückgelegt und drei ganze Nächte in den luftigen Höhen zugebracht

Füllung eines Luftballons.

hat, versichert, daß er jedesmal beim Besteigen der Gondel dasselbe feierliche Gefühl empfand, welches ihn beim ersten Betreten des schwanken Schiffes ergriff. Man fühlt gar nicht, daß man emporgehoben wird, man sieht es nur, da man keinerlei Bewegung verspürt; während man selbst ganz unbeweglich zu sein glaubt, scheint die Erde unter der Gondel zu versinken. Flammarion beschreibt seine erste Auffahrt mit dem Luftschiffer Godard folgendermaßen: „Eine zahlreiche Menge hatte sich eingefunden, um uns aufsteigen zu sehen; einige meiner näheren Freunde standen ganz dicht bei der Gondel und zum Theil unter derselben, da sie nicht mehr die Erde berührte. Godard hatte sich überzeugt, daß die Gondel

in der richtigen Lage hing, und befahl nun den vier Gehülfen, die Seile, welche den Ballon hielten, durch ihre Hände gleiten zu lassen, ohne sie indessen ganz loszulassen, so daß wir uns alsbald einige Meter über dem Erdboden befanden. Das Wetter war prachtvoll, der Himmel ganz klar, der Wind mäßig. Die Kugel des mit Wasserstoff gefüllten Ballons blähte sich über uns und strebte, sich in ihr luftiges Reich zu erheben. Godard nahm nun einen Sack mit Ballast, commandirte: „Los" und schüttete einige Pfund Sand über Bord: sofort erhob sich der entfesselte Ballon majestätisch langsam und schwebte dem Himmel entgegen. Ich grüßte, nach

Die Auffahrt.

Unterbringung meiner Instrumente, mit der Hand die Gruppe meiner Freunde, welche immer mehr zusammenschrumpfte und bald nur noch wie ein Pünktchen erschien inmitten von Paris, das zum ersten Male ganz vor meinen Augen ausgebreitet lag, und seine Hunderte von Straßen und Plätzen, seine Tausende von Dächern und Kuppeln, seine Paläste, seine Gärten, seine Boulevards, seinen Festungsgürtel und die umgebenden Gefilde entrollte. Da lag sie, die ungeheure Stadt, und sandte ihre mächtige Stimme in die Atmosphäre empor, die wie ein unbeschreiblich wüster Lärm bis zu uns hinauf klang."

Der Luftballon steigt in einer schrägen Linie empor, indem gleichzeitig die

Digitized by Google

Kraft des Auftriebes und der Wind auf ihn wirken. Wenn man Sorge trägt, daß er nicht zu schnell steigt, wie es in jeder Beziehung anzurathen ist, so sieht man vor den entzückten Blicken sich langsam das großartigste Panorama entrollen und gewinnt auch die nöthige Zeit, um die Instrumente abzulesen, welche bei zu raschem Steigen sich nicht dem umgebenden Mittel anpassen können und daher nur unzuverlässige Angaben liefern. Will man sich nur in geringen Höhen von 2500 bis 3500 Fuß aufhalten, etwa um Untersuchungen über die Feuchtigkeit anzustellen, so wirft man keinen Ballast aus, sobald man diese Höhe erreicht hat, und läßt sich vom Winde in horizontaler Richtung dahintreiben; will man dagegen bis zu bedeutenderen Höhen aufsteigen, so erleichtert man den Ballon nach und nach durch Ausschütten von Sandsäcken.

Indem der Luftschiffer durch die Lüfte dahinsegelt, befindet er sich in der allergünstigsten Lage, um die Erscheinungen in der Atmosphäre zu studiren. Er dringt in den Schooß der Wolken ein und durchschneidet dieselben, um die Wirkungen des Lichtes und der Wärme in ihnen zu erforschen, er studirt die sich kreuzenden Luftströmungen, die ihn auf ihren Flügeln dahintragen, er beobachtet die Bildung des Regens, des Schnees, des Hagels, er begiebt sich mit einem Wort an Ort und Stelle, wo die Erscheinungen stattfinden. Hier wie überall gilt das „gehe hin und siehe", wie es das Sprichwort anräth, und ein solches Schauen aus unmittelbarster Nähe führt zu richtigeren Resultaten als alle Theorien, welche im Studirzimmer bei jahrelangem Forschen entworfen werden.

Wenn Luftreisen in hohem Grade das Studium der in der Atmosphäre thätigen Naturkräfte fördern können, so bieten sie überdies dem Beobachter noch eine ganz besondere Gelegenheit, seine Anschauungen in großartiger und fruchtbringender Weise zu bereichern. Während der unsichtbare Hauch des Windes den Ballon durch den Himmelsraum dahinträgt, überblickt der einsame Schiffer aus seiner luftigen Höhe mit einem Male ein gewaltiges Bild, die Fläche der Erde, auf welcher sich die Geschichte des Menschengeschlechtes abspielt. Wie eine ungeheure Landkarte breitet sich unter ihm die Erde aus; dort dehnt sich eine mächtige Stadt am Ufer eines Flusses, hier ist die Ebene mit unzähligen Dörfern besäet — jetzt ziehen Weingelände vorüber, goldene Aehrenfelder, grünende Wiesen, schattige Haine, aus denen der Schlag der Vögel emportönt; — nun erheben sich schroffe Berge, deren Gipfel mit dunklen Wäldern umkränzt sind, während silberglänzende Bäche aus ihnen herabquellen und dem fernen Meere zueilen. In buntem Wechsel bieten sich diese bald heitern, bald ernsten Bilder dem entzückten Auge des Luftschiffers dar, welcher ohne die geringste Bewegung zu verspüren, fast wie im Traume dahingleitet bis zu dem Augenblick, wo sein Fuß wieder den festen Grund betritt.

Ein ähnliches aber weniger lebhaftes Gefühl überkommt den Reisenden, der einen

hohen Berg ersteigt. Die Reinheit der Luft in den höheren Regionen, ihre belebende Einwirkung, sowie die Verminderung des atmosphärischen Druckes rufen das eigenthümliche Wohlbehagen hervor, welches wir in mäßigen Höhen empfinden. Dazu kommt, daß alle für Natureindrücke empfänglichen Gemüther durch die Scenerie einer Gebirgslandschaft, wo die Natur mit vollen Händen liebliche und ernste Bilder ausgestreut hat, auf das Tiefste angeregt werden. „Es ist eine allgemeine Erfahrung, sagt J. J. Rousseau, daß man auf den Bergen, wo die Luft reiner und feiner ist, viel freier athmet, sich leichter bewegt und weit heiterer im Gemüth ist, als in der Ebene. Das Verlangen ist weniger glühend, die Leidenschaft weniger stürmisch. Das Nachdenken erfüllt uns mit einem gewissen ruhigen Behagen, welches nichts Bitteres und nichts Sinnliches hat. Es scheint, als ob man bei einer Erhebung über den gewöhnlichen Wohnort der Menschen dort alle niedrigen Gefühle zurückließe, und als ob die Seele bei der Annäherung an die himmlischen Regionen etwas von der unwandelbaren Reinheit derselben in sich aufnähme. Man ist ernst und friedlich gestimmt, ohne melancholisch und gleichgültig zu sein, und man fühlt sich zufrieden in dem Gefühl, zu sein und zu denken."

Doch müssen wir bemerken, daß in bedeutenderen Höhen die Verminderung des atmosphärischen Druckes, die Veränderung des Feuchtigkeitszustandes der Luft und die Kälte höchst schädlich auf den menschlichen Organismus einwirken können. Solche Störungen und das Uebelbefinden, dem man in bedeutenden Höhen ausgesetzt ist, sind schon seit sehr langer Zeit bekannt. In dem fünfzehnten Jahrhundert wurden sie von da Costa näher beobachtet und unter dem Namen der Bergkrankheit beschrieben. Später hat man bei Bergbesteigungen in den Alpen, den Anden und dem Himalaya, sowie bei Luftfahrten diese eigenthümlichen Störungen des Organismus näher beachtet und zu ihrer Erklärung mannigfache mehr oder minder rationelle Hypothesen aufgestellt. Als Hauptursache führt man seit Saussure die starke Luftverdünnung an, aber es bleibt schwer zu begreifen, auf welchem Wege diese Luftverdünnung den Organismus in so eigenthümlicher Weise beeinflußt.

Im Jahre 1804 erreichten Gay-Lussac und Biot im Ballon die Höhe von 12,500 Fuß. Die Zahl der Pulsschläge hatte sich bei Gay-Lussac von 62 bis auf 80, bei Biot von 79 auf 111 in der Minute erhoben. Glaisher und Coxwell gelangten bei ihrer denkwürdigen Fahrt vom 17. Juli 1862 bis zu der ungeheuren Höhe von 34,000 Fuß oder von fast $1^1/_2$ Meilen; vor der Abfahrt hatte Coxwell 74, Glaisher 76 Pulsschläge in der Minute. In einer Höhe von 16,000 Fuß stieg diese Zahl bei dem ersteren auf 100, bei dem letzteren auf 84. Bei 18,000 Fuß waren Glaishers Hände und Lippen ganz blau, während das Gesicht seine gewöhnliche Farbe behielt. Bei 20,000 Fuß hörte er das Klopfen

Der Ballon in den Lüften.

Digitized by Google

seines Herzens und empfand bedeutende Athembeschwerden; bei 27,000 fiel er in Ohnmacht und kehrte erst zum Bewußtsein zurück, als der Ballon wieder bis zu dieser Höhe gesunken war. Sein Gefährte konnte sich in der Höhe von 34,000 Fuß nicht mehr seiner Hände bedienen und mußte die Schnur des Ventils mit den Zähnen ziehen. Hätte er noch einige Minuten gezögert, so würde er ohne Zweifel das Bewußtsein verloren und wahrscheinlich das Leben eingebüßt haben. Das Thermometer zeigte in diesem Augenblicke 25½ Grad Reaumur unter Null. Da übrigens der Luftschiffer immer in voller Ruhe verharrt und seine Kräfte wenig oder gar nicht anstrengt, so kann er sich zu sehr großen Höhen aufschwingen, ohne das Unwohlsein zu empfinden, welches den Bergsteiger schon in weit tieferen Regionen überfällt, da dieser sich allein durch die Anstrengung seiner Muskeln auf den Gipfel des Berges hinaufarbeitet. Saussure erzählt, wie er und seine Begleiter bei der Besteigung des Mont Blanc am 21. August 1787 schon in geringer Höhe von heftigem Uebelbefinden ergriffen wurden. Auf dem kleinen Plateau, wo er in der Höhe von 11,700 Fuß die Nacht zubrachte, hatten seine kräftigen Führer, für welche der vorangegangene Marsch von mehreren Stunden so gut wie gar nichts gewesen war, kaum einige Schaufeln voll Schnee ausgehoben, um das Zelt aufzurichten, als sie nicht mehr im Stande waren, mit ihrer Arbeit fortzufahren. Sie mußten sich alle Augenblicke ablösen, ja einige befanden sich so übel, daß sie sich auf dem Schnee ausstrecken mußten, um nicht das Bewußtsein zu verlieren. „Als wir am folgenden Tage, sagt Saussure, den letzten Abhang, der zum Gipfel führt, erstiegen, mußte ich immer nach 15 bis 16 Schritten still stehen, um Athem zu schöpfen. Anfangs that ich dies stehend, indem ich mich auf meinen Alpstock stützte, allein bald mußte ich mich unter drei Malen ein Mal setzen, so gebieterisch war das Bedürfniß nach Ruhe. Suchte ich dies Bedürfniß zu überwinden, so versagten mir die Beine den Dienst, ich fühlte eine Anwandlung von Ohnmacht und war wie geblendet, welche letztere Erscheinung nicht durch das Licht hervorgebracht sein konnte, da ich mein Gesicht mit einem doppelten Schleier bedeckt und die Augen durch denselben völlig geschützt hatte. So sah ich zu meinem lebhaften Bedauern auf diese Weise die Zeit verstreichen, welche ich zu Beobachtungen auf dem Gipfel bestimmt hatte, und versuchte daher in verschiedener Weise die Zeit des Ausruhens zu verkürzen. Ich ging nicht so lange bis ich völlig ermüdet war, sondern hielt immer nach vier oder fünf Schritten an, allein ich gewann hierdurch nichts, sondern mußte wie vorher nach 15—16 Schritten eben so lange ausruhen, als wenn ich gar nicht stillgestanden hätte. Am übelsten befand ich mich etwa 8—10 Secunden, nachdem ich zu gehen aufgehört hatte. Das einzige, was mich erquickte und meine Kräfte stärkte, war der frische Nordwind; wenn ich beim Steigen das Gesicht dem Winde zuwandte und die Luft in großen Zügen einsog, so konnte ich ohne auszuruhen 20—26 Schritte machen."

Bravais, Martins und Le Pileur empfingen bei ihrer Besteigung des Mont Blanc im Jahre 1844 dieselben Eindrücke, als sie das große Plateau erreicht hatten. Als die Führer das theilweise mit Schnee bedeckte Zelt freilegten, mußten sie alle Augenblicke in der Arbeit innehalten und sich erholen. „Ein geheimes Uebelbefinden, sagt Martins, malte sich in den Gesichtszügen aller, niemand hatte Appetit. Der größte und kräftigste der Führer legte sich auf den Schnee und fiel beinahe in Ohnmacht, als der Dr. Le Pileur seinen Pulsschlag untersuchte. Als wir dem Gipfel nahe waren, versuchte Bravais, wie lange er in schnellem Schritte gehen könne; er hielt schon nach 32 Schritten an und konnte durchaus nicht weiter."

Die verschiedenen unangenehmen Zufälle, von denen die genannten Gelehrten und andere Reisende in großen Höhen heimgesucht wurden, lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Der Athem ist beschleunigt, gedrückt, keuchend; bei der geringsten Bewegung empfindet man die heftigste Athemnoth.

Die meisten Reisenden empfanden Zuckungen, Beschleunigung des Pulses, Hüpfen der Halsschlagadern und ein Gefühl des Vollseins in den Gefäßen; bisweilen traten Blutungen ein. Auch die Nerventhätigkeit erleidet Störungen, welche sich als sehr heftiger Kopfschmerz, bisweilen unwiderstehliche Schlafsucht, Stumpfsinn der Sinne, Gedächtnißschwäche, moralische Erschlaffung äußern. Daneben zeigen sich mehr oder minder heftige Schmerzen in den Knien und Beinen, das Gehen ermüdet und führt bald zu völliger Erschöpfung. Gewöhnlich werden die Reisenden von heftigem Durste gepeinigt, empfinden lebhaftes Verlangen nach kalten Getränken, aber Widerwillen gegen feste Nahrungsmittel.

Diese Störungen des Wohlbefindens treten nicht jedes Mal und nicht immer gleichzeitig ein, sondern richten sich offenbar nach der Körperkraft, dem Alter, den Gewohnheiten u. s. w. In den Alpen scheinen die Reisenden mehr von ihnen zu leiden, als in anderen Gegenden. So werden in dem Kloster des großen St. Bernhard, das nur 7700 Fuß hoch liegt, fast alle Mönche kurzathmig. Sie müssen ihrer Erholung wegen oft in das Rhonethal hinabsteigen, und nach 10—12 Jahren sehen sie sich gezwungen, das Kloster für immer zu verlassen, wenn sie nicht ganz hinfällig werden wollen; und doch liegen in den Anden und in Thibet ganze Städte in dieser Höhe, deren Bewohner sich einer guten Gesundheit erfreuen und nichts von der Bergkrankheit wissen. Boussingault sagt: „Wenn man das Leben in Bogota, Potosi und anderen Städten, die 9—12,000 Fuß hoch liegen, kennen gelernt hat, wenn man zu Quito in 9000 Fuß Höhe die Kraft und die Gewandtheit der Toreadores in einem Stiergefecht bewundert hat, wenn man gesehen hat, wie zarte junge Frauen die ganze Nacht hindurch tanzen in einer Gegend, die eben so hoch liegt, als der Gipfel des Mont Blanc, wo doch Saussure kaum Kraft genug besaß, um seine Instrumente abzulesen, und wo seine Führer

ohnmächtig wurden; wenn man sich erinnert, daß die berühmte Schlacht von Pichincha in einer Höhe, die der des Monte Rosa nur wenig nachsteht, geschlagen wurde, so muß man zugeben, daß der Mensch sich daran gewöhnen kann, auch in der dünnen Luft sehr hoher Berge zu athmen."

Derselbe Meteorologe meint, daß auf den weiten Schneefeldern der Alpen das Unwohlsein dadurch verstärkt würde, daß sich hier unter Einwirkung der Sonnenstrahlen eine verdorbene Luft entwickele, und beruft sich auf die Untersuchungen Saussures, welcher fand, daß die in den Poren des Schnees enthaltene Luft weniger sauerstoffreich war, als die Atmosphäre. In einigen Mulden und Einsattelungen in der Nähe von dem Gipfel des Mont Blanc befindet man sich beim Steigen meistens so übel, daß die Führer glauben, dieser Theil des Gebirges sei durch die Ausdünstung schädlicher Gase vergiftet. Man wählt daher jetzt, wenn die Zeit es erlaubt, den Weg über den Grat von Bosses, wo ein frischer Lufthauch die physiologischen Störungen nicht zu voller Entwickelung kommen läßt. Lortet, welcher mehrere Male ohne die geringste Unbequemlichkeit bis zu 13,300 Fuß Höhe auf den Mont Blanc hinaufgestiegen war, bezweifelte, daß das Erklettern der letzten 1500 Fuß ihm das bekannte Unwohlsein zuziehen würde; als er aber, um sich hiervon zu überzeugen, vor zwei Jahren bis zu dem Gipfel selbst vorgedrungen war, sagte er: „Ich muß jetzt bekennen, daß ich mich zu meinem eigenen Schaden von der Wirklichkeit dieser Krankheit überzeugt habe; sie ergreift in dieser Höhe einen jeden, namentlich wenn er sich in dieser verdünnten Luft bewegt."

Auch manche Thiere können in keiner größeren Höhe als 12,500 Fuß leben, auch wenn man sie allmählig an den Aufenthalt zu gewöhnen sucht. So werden Katzen, die man bis zu dieser Höhe mitnimmt, jedesmal von eigenthümlichen starrkrampfartigen Anfällen ergriffen, machen fabelhafte Sprünge, fallen erschöpft hin und sterben unter Zuckungen.

Der höchste bewohnte Ort in der Welt ist das Buddhisten-Kloster zu Hanle in Thibet, wo zwanzig Priester in der ungeheuren Höhe von 15,760 Fuß leben. Andere Klöster liegen fast in der gleichen Höhe in der Provinz Guari Khorsum und werden das ganze Jahr hindurch bewohnt. In so großer Nähe des Aequators kann man recht gut zehn bis zwölf Tage in einer Höhe von 17,000 Fuß zubringen, kann aber daselbst nicht dauernd wohnen. Als die Gebrüder Schlagintweit die Gletscher des Ibi-Gamin in Thibet untersuchten, verweilten sie mit ihren acht Dienern vom 13. bis 23. August 1855 in gewaltigen Höhen, bis zu denen selten ein menschliches Wesen dringt. Während dieser zehn Tage nahmen sie ihren Lagerplatz stets zwischen 17,700 und 20,400 Fuß, d. h. in der größten Höhe, in welcher jemals ein Europäer übernachtet hat. Am 19. August 1856 gelang es den drei Brüdern, bis zu 23,000 Fuß emporzudringen, welche Höhe kein anderer Mensch

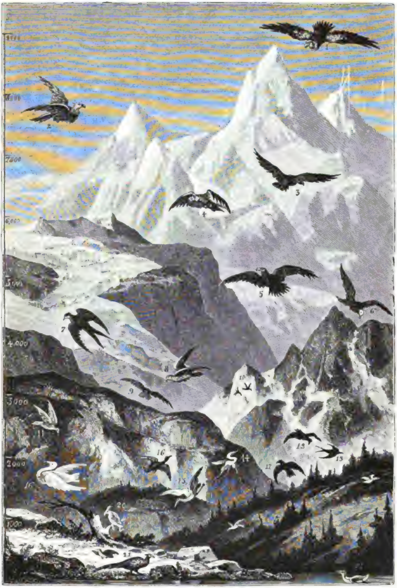
auf einem Berge erreicht hat. In der ersten Zeit litten sie sehr, wenn sie Bergjoche von 17,000 Fuß Höhe überstiegen, aber nach einigen Tagen empfanden sie selbst bei 19,000 Fuß nur ein vorübergehendes Unwohlsein. Uebrigens würde ein längerer Aufenthalt in so gewaltigen Höhen wahrscheinlich üble Folgen für ihre Gesundheit gehabt haben.

Die am höchsten gelegene größere Stadt ist Potosi in der Höhe von 12,700 Fuß; Quito liegt 9100, St. Fé de Bogota 8330 Fuß hoch. In Europa ist der höchste bewohnte Punkt das Hospiz auf dem großen Bernhard in der Höhe von 7740 Fuß. Die höchsten Alpenpässe sind der Paß des Mont Cervin in 10,670, der des großen Bernhard in 7730 und der Furkapaß in 7630 Fuß Meereshöhe.

Die höchsten Bergspitzen der Erde sind in Asien der Mount Everest im Himalaya 27,670′, der Kinchinjinga 26,860′, der Dawalaghiri 25,970′; in Amerika der Aconkagua 21,390′, der Chimborazzo 20,440′, der Sorate 20,300′; in Afrika der Kilimanjaro 19,080′; in Australien der Mouna-Roa 15,150′; in Europa der Mont Blanc 14,800 und der Monte Rosa 14,260′ hoch.

Natürlich sind die Vögel die hauptsächlichsten Bewohner dieser luftigen Höhen. In den Anden schwebt der Condor, in den Alpen der Lämmergeier und der Adler über den höchsten Gipfeln. Diese Thiere, deren Organisation sie zu den längsten Reisen befähigt, sind die besten Segler in dem Luftocean, wie der Sturmvogel der beste Segler über dem Meere ist. Die rabenartige Schneekrähe, die tief schwarz gefärbt ist, während ihr Schnabel gelb und die Füße lebhaft roth sind, dringt zwar nicht bis zu so großen Höhen vor, allein sie ist die Hauptbewohnerin der Region des ewigen Schnees und der nackten Felsklippen. Man trifft sie auf dem Monte Rosa und dem Col du Geant in 11,000 Fuß Höhe an. Auch zierlichere Vögel bewohnen die Schneeregion und beleben einigermaßen die starre und traurige Landschaft. Der Schneefinke hängt so sehr an dieser seiner kalten Heimath, daß er nur selten in die Region der Bergwälder hinabsteigt; der Fluehvogel folgt ihm bis zu dieser Höhe und liebt vorzugsweise die unfruchtbare und steinige Region, welche die Zone der Vegetation von dem Reiche des ewigen Schnees scheidet; beide dringen bei der Jagd auf Insekten oft bis 11,000 Fuß empor. Unsere Zeichnung stellt die Hauptarten der Vögel nach ihrer Flughöhe geordnet dar.

Uebrigens finden sich in diesen bedeutenden Höhen auch einzelne Vogelarten, welche sich ihrer Flügel immer nur auf kurze Zeit bedienen, wenn das Gehen zur Unmöglichkeit wird. Die Schneeregion hat ihre eigene Hühnerart, wie sie Finkenarten aufzuweisen hat, die nur ihr eigenthümlich sind. Das Schneehuhn findet sich in Island wie in der Schweiz; es dringt weit in die Schneeregion vor und wohnt in diesen eisigen Höhen, ja es liebt den Schnee so sehr, daß es beim Herannahen des Sommers weiter nach oben zieht. Einige Flechtenarten und Samen-



Vertheilung der Vögel nach ihrer Flughöhe.

Digitized by Google

körner, welche der Wind hinaufträgt, dienen ihm zur Nahrung, die Insekten fängt es, um die Jungen damit zu füttern.

Die Insekten sind die einzigen Thiere, welche sich in diesen einsamen Gegenden in größerer Zahl vorfinden, ähnlich wie in der arktischen Zone. Wie dort, so ist auch hier in den höchsten Alpenregionen die Classe der Käfer am zahlreichsten vertreten. Sie finden sich auf dem Südabhang bis zu 9400, auf dem Nordabhang bis zu 7500 Fuß Höhe. Ihre Flügel sind so klein, daß sie fast flügellos erscheinen; man möchte glauben, die Natur habe sie vor den starken Luftströmungen bewahren wollen, welche sie unfehlbar mit fortreißen würden, wenn ihre Segel nicht gewissermaßen gerefft wären. In der That werden bisweilen andere Insekten, namentlich Netzflügler und Schmetterlinge, vom Winde bis zu dieser Höhe hinaufgetragen und müssen alsdann im Schnee umkommen, so daß der Firn und die Gletscher oft mit solchen Thierchen bedeckt sind, welche die Kälte getödtet hat. Doch scheinen einige Arten sich selbst bis zu 16,500 Fuß Höhe aufzuschwingen. Flammarion hat bei Luftreisen Schmetterlinge in Höhen angetroffen, welche von unseren Vögeln nicht erreicht werden, und Hooker fand noch Schmetterlinge auf dem Gipfel des Momay in der Höhe von fast 17,000 Fuß.

So haben wir ein Bild von dem Thierleben in der Alpenregion entworfen, wo das Thierreich bei zunehmender Höhe immer weniger Vertreter findet, bis alles Leben erstirbt und sich eine unbewohnte Einöde ausbreitet. Dort, oberhalb der äußersten Grenze der Vegetation, oberhalb der höchsten Regionen, bis zu welchen noch Vögel und Insekten vordringen, herrscht tiefe Einsamkeit und das Schweigen des Todes. Und doch — die Luft ist noch erfüllt mit Infusorien, mikroskopischen Thierchen, die der Wind wie Staub aufhebt und bis zu unbekannten Höhen emporwirbelt. „Es sind dies, sagt Maury, Keime, die in der Luft schwimmen, und welche eine neue Erdumwälzung erwarten, um sich festzusetzen und dereinst der Ausgangspunkt einer neuen Thierwelt zu werden.“

Im dritten Buche werden uns die Gletscher und die Rolle, welche die Gebirge in meteorologischer Beziehung spielen, beschäftigen. Hier kam es darauf an, das erste Buch, welches von der Luft, insoweit dieselbe zum Leben nöthig ist, handelt, mit einer Uebersicht über die Verbreitung des thierischen Lebens in der Höhe zu schließen. Wir wenden uns jetzt zu der Besprechung der optischen Erscheinungen in der Atmosphäre.

Die nebenstehende Abbildung zeigt die Vertheilung der Vögel nach ihrer Flughöhe. 1. Condor (fliegend bei 28,000′ beobachtet), 2. Lämmergeier, 3. gelber Geier, 4. Kammgeier, 5. Adler, 6. Urubu, 7. Milan, 8. Falke, 9. Sperber, 10. Fliegenvogel, 11. Taube, 12. Bussard, 13. Schwalbe, 14. Reiher, 15. Kranich, 16. Ente und Schwan (leben auf Seen bis zu 5500′ Höhe), 17. Rabe, 18. Lerche, 19. Wachtel, 20. Papagei, 21. Rebhuhn und Fasan, 22. Pinguin.

## Zweites Buch.

# Das Licht und die optischen Erscheinungen in der Atmosphäre.

Digitized by Google

## Erstes Capitel.

# Die Tageszeiten.

Wenn wir in dem ersten Buche erkannten, daß die Atmosphäre die Grundursache und die Schöpferin alles organischen Lebens auf unserem Planeten ist, und daß alle Wesen, Pflanzen wie Thiere, so gebildet sind, daß sie aus ihr die gasförmigen Theilchen schöpfen, aus denen sie ihre festen Gewebe aufbauen, so werden wir jetzt sehen, daß die gesammte Natur von dieser Lufthülle den bunten Schmuck der Farben entlehnt, und daß der Erdball ohne sie als eine traurige und farblose Masse durch den Raum dahinrollen würde, während doch jetzt die Atmosphäre ihn auf seiner himmlischen Bahn mit ihrem Hauche umfächelt und eine aus Purpur und Blau gewobene Decke um ihn breitet.

Mit Recht bewundern wir das tiefblaue Himmelsgewölbe, wie es sich an klaren Sommertagen über uns ausspannt, die sanfte Färbung des Morgenroths, die feurige Gluth des Abendhimmels, die schweigende Schönheit einer einsamen Waldlandschaft, den klaren Spiegel eines Sees, der das Bild der schneebedeckten Berge zurückwirft, den zarten Duft, der das ferne Gebirge umhüllt, — doch selten kommt es uns zum Bewußtsein, daß Alles dies seine Schönheit der luftigen Hülle verdankt, die sich um den Erdball spannt, und daß ohne sie alle diese Farben verblassen würden. Fehlte die Atmosphäre, so blickten wir statt in den blauen Himmel in einen schwarzen, unendlichen Raum, den kein Morgen- und Abendroth schmückten, wo Tag und Nacht ohne den Uebergang der Dämmerung jäh mit einander wechselten. Statt des milden Tageslichtes, das auch dort herrscht, wohin die Sonne nicht unmittelbar ihre Strahlen sendet, würde Dunkelheit alle Orte umfangen, die nicht direct von den Sonnenstrahlen getroffen werden, kurz unser Planet würde ein trauriger Wohnort sein.

Der Himmel erscheint uns stets, er mag klar oder bedeckt sein, in der Ge-

stalt eines Gewölbes, welches indessen keineswegs die Form einer Halbkugel hat, sondern über unserem Haupte abgeplattet ist, und von dort allmählig nach dem Horizont hinabzusinken scheint. Die Alten glaubten, daß dies blaue Himmelsgewölbe wirklich existire; die griechischen Astronomen ließen dasselbe aus einer festen crystallhellen Substanz bestehen, und bis auf Copernicus erhielt sich vielfach der Glaube, daß es fest wie hartes Glas sei. Wie die römischen Dichter sich die glänzende Versammlung der olympischen Götter oberhalb dieses Gewölbes und jenseits der Gestirne dachten, so versetzten die Theologen des Mittelalters, die noch nicht glaubten, daß die Erde im Himmel und der Himmel überall sei, die Dreieinigkeit, die verklärten Leiber Christi und der Jungfrau Maria, die Schaaren der Engel, die Heiligen und das ganze himmlische Heer in das sogenannte Empyreum oder den Feuerhimmel. Ein Missionair jener Zeit erzählte sogar, er habe das Paradies aufgesucht und bei dieser Reise den Horizont erreicht, wo Himmel und Erde sich berühren; dort habe er eine Stelle gefunden, wo beide nicht ganz genau aneinander schlossen, so daß er sich durch die Oeffnung unter die Himmelsdecke hindurchzwängen konnte. In der Wirklichkeit existirt dies schöne Gewölbe nicht, und der Luftschiffer, der ihm entgegen strebt, sieht es immer weiter zurückweichen, wie die Früchte des Tantalus.

Was ist denn aber dies Blau, welches wir doch deutlich wahrnehmen, und welches uns während des Tages die Sterne mit seinem Schleier verhüllt? Dies Gewölbe, welches wir erblicken, wird durch die Schichten der Atmosphäre gebildet, welche das Sonnenlicht zurückwerfen und zwischen uns und dem unendlichen Raum eine Art von luftigen Schleier breiten, dessen Färbung und scheinbare Entfernung sich mit der wechselnden Dichtigkeit der Luftschichten ändern. Man hat sich erst spät von der Täuschung des Augenscheins frei gemacht und erkannt, daß die Gestalt und die Dimensionen des Himmelsgewölbes von der augenblicklichen Durchsichtigkeit und der Erleuchtung der Atmosphäre abhängig sind.

Ein Theil der von der Sonne ausgehenden Lichtstrahlen wird von der Atmosphäre absorbirt, ein anderer reflectirt, wobei die Luft sich nicht in gleicher Weise gegen alle die farbigen Strahlen verhält, welche das weiße Licht zusammensetzen. Aehnlich wie Milchglas läßt sie die rothen Strahlen des Sonnenspectrums reichlicher hindurchgehen, als alle übrigen, und reflectirt umgekehrt die blauen kräftiger, als die rothen. Doch ist dieser Unterschied nur dann bemerkbar, wenn das Licht sehr dicke Luftschichten durcheilt. Saussure wies zuerst nach, daß das Blau des Himmels seine Ursache in der Reflexion des Lichtes und nicht in einer den Lufttheilchen eigenthümlichen Färbung hat. „Wäre die Luft blau, sagt er, so müßten entfernte mit Schnee bedeckte Berge blau erscheinen, was nicht der Fall ist." Hassenfratz bewies auf experimentellem Wege, daß das blaue Licht kräftiger als jedes andere von der Luft zurückgeworfen wird. Je dicker nun die Luftschicht ist,

welche der Lichtstrahl durchdringt, um so mehr verschwinden die blauen Strahlen und lassen den rothen das Feld frei. Wenn also die Sonne dem Horizonte nahe steht, und der Lichtstrahl daher eine sehr dicke Luftschicht durcheilen muß, so wird das Gestirn uns roth oder orangefarben erscheinen. Auch in dem Regenbogen fehlen bisweilen die blauen Strahlen, wenn er sich kurz vor Sonnenuntergang bildet. Später werden wir sehen, daß der in der Luft verbreitete Wasserdampf die Hauptrolle bei dieser Reflexion des Lichtes spielt, welcher das Blau des Himmels und das zerstreute Tageslicht ihren Ursprung verdanken. Neuerdings hat Tyndall in der Royal Society das Blau des Himmels und die Färbung der Wolken durch ein Experiment nachgeahmt. Man bringt in ein Glasrohr die Dämpfe verschiedener flüchtiger Substanzen, z. B. von Benzin oder Schwefelkohlenstoff, welche man nach Belieben mehr oder weniger verdünnen kann, und läßt nun den Strahl einer electrischen Lampe durch das Rohr fallen. Wenn die Dämpfe genügend verdünnt sind, so verräth sich die Reflexion des Lichtes sofort durch die Bildung einer himmelblauen Wolke, gleichviel welche Art von Dampf verwendet wurde. Diese anfangs blaue Wolke wird allmählig dichter, färbt sich weißlich und gleicht schließlich vollständig den wirklichen Wolken.

Die atmosphärische Luft ist einer der allerdurchsichtigsten Körper, welche wir kennen; wenn sie frei von Nebel und nicht durch fremde Körper getrübt ist, so können wir weit entfernte Gegenstände sehr deutlich sehen, wie z. B. die Gebirge erst dann unsern Blicken entschwinden, wenn die Krümmung der Erde sie uns verdeckt. Aber trotz ihres schwachen Absorptionsvermögens ist die Luft nicht vollkommen durchsichtig. Ihre Molecule verschlucken einen Theil des Lichtes, lassen einen andern hindurchgehen und reflectiren einen dritten. So kommt es, daß sie vor unseren Augen ein scheinbares Gewölbe aufbauen, daß sie auch denjenigen Gegenständen Licht spenden, die nicht direct von der Sonne beschienen werden, und daß sie den Tag allmählig in die Nacht übergehen lassen. Man kann sich leicht durch Beobachtungen von der Schwächung überzeugen, welche die Sonnenstrahlen bei ihrem Durchgang durch die Luft erleiden. Wenn man an mehreren Tagen denselben Gegenstand in der Nähe des Horizontes beobachtet, so erkennt man leicht, daß er bald mehr, bald weniger deutlich sichtbar ist. Mißt man die Entfernung, in welcher die Details erkennbar werden, so gelangt man zu Verhältnißzahlen, welche der Durchsichtigkeit der Atmosphäre zu den verschiedenen Zeiten entsprechen.

Die Entfernung, in welcher die Gegenstände verschwinden, ist nicht blos von dem Gesichtswinkel, unter welchem sie uns erscheinen, abhängig, sondern auch von der Erleuchtung und dem Contrast, mit welcher sich ihre Farbe von der des Hintergrundes abhebt. Aus diesem Grunde sind die Sterne trotz der Kleinheit ihrer Durchmesser so vorzüglich sichtbar. Aehnlich ist es mit irdischen Gegenständen.

Einen Menschen erkennt man schwer, wenn der Hintergrund durch dunkle Flächen, z. B. Felder gebildet wird, während man ihn leicht wahrnimmt, wenn er auf einer Anhöhe steht und seine Figur sich von dem hellen Himmel abhebt. Manche optische Täuschungen, die sich namentlich in Gebirgsgegenden geltend machen, finden hierin ihre Erklärung. Während die Kette der Alpen von der Ebene aus auf große Entfernungen sichtbar ist und ihre Umrisse sich scharf abzeichnen, kann ein Beobachter von einem ihrer Gipfel aus fast nichts in der Ebene unterscheiden. Vom Gipfel des Faulhorn aus erkennt man z. B. die Gebirgszüge in voller Schärfe; die Gipfel des Pilatus, des Schwarzwaldes und der Vogesen liegen trotz ihrer großen Entfernung in voller Deutlichkeit da, während in der Ebene Alles verschwimmt. Jeder, der sich einige Monate in den Schweizer Gebirgen aufgehalten hat, wird dieselbe Bemerkung über die Sichtbarkeit der Gegenstände gemacht haben.

Um die Intensität der blauen Farbe des Himmels zu messen, hat Saussure das von ihm erfundene Cyanometer angewendet. Dasselbe besteht einfach aus einem Papierstreifen, welcher in dreißig rechtwinklige Felder getheilt ist, deren erstes mit dem tiefsten Kobaltblau, deren letztes fast weiß gefärbt ist, während die Mittelfelder alle möglichen Schattirungen zwischen Dunkelblau und Weiß aufweisen. Findet man, daß das Blau eines dieser Felder mit dem Blau des Himmels übereinstimmt, so drückt man die Farbe des Himmels durch die dem Rechteck entsprechende Zahl aus und gewinnt so eine Skala, um das Blau zu messen. Humboldt hat diesen Apparat noch vervollkommnet, so daß man mit demselben die zartesten Nuancirungen der blauen Farbe messen kann, was Lord Byron zu der sarkastischen Bemerkung veranlaßte, mit dem neuen Instrumente müßten sich auch die verschiedenen Schattirungen der Blaustrümpfe bestimmen lassen.

Schon bei flüchtigem Hinblicken erkennen wir, daß der Himmel nicht überall gleich gefärbt ist; im Zenith ist die Farbe am dunkelsten und hellt sich weiter abwärts immer mehr auf, bis sie am Horizonte oft fast weiß erscheint. Ueberdies verändert sich die Farbe des Himmels ganz regelmäßig im Laufe des Tages, wird in den Vormittagsstunden dunkler und hellt sich am Nachmittage wieder auf. In unseren Breiten ist das Blau am tiefsten, wenn nach mehreren Regentagen der Wind die Wolken zerstreut hat.

Die Farbe des Himmels setzt sich aus drei Färbungen zusammen, aus dem Blau, welches die Lufttheilchen reflectiren, aus dem Schwarz des unendlichen Raums, der den Hintergrund bildet, und aus dem Weiß der Nebelbläschen und der kleinen Eisnadeln, welche in großer Höhe schweben. Wenn wir uns hoch genug in die Atmosphäre erheben, so haben wir einen großen Theil dieser Nebelbläschen unter uns. Es gelangen deshalb nur wenige weiße Strahlen zu unserem Auge, und da die reflectirende Luftschicht über uns bedeutend dünner geworden

ist, so erscheint der Himmel weit dunkler; er ist azurblau in der Höhe von 40 bis 50 Grad, hellblau und weißlich gegen den Horizont hin. Diese dunklere Färbung hält gewöhnlich gleichen Schritt mit der Abnahme der Feuchtigkeit; ist die Atmosphäre sehr rein, so hat es den Anschein, als ob sich ein dünner blauer Schleier zwischen uns und der lebhaft gefärbten Erdoberfläche ausbreite. Die Natur des Bodens beeinflußt in nicht geringem Grade die Durchsichtigkeit der Luft. In Gegenden, die fast von jeder Vegetation entblößt sind, wie in der afrikanischen Wüste, wo der vom Winde aufgewirbelte Staub die Luft erfüllt und nur selten ein Regenguß sie wieder reinigt, ist die Atmosphäre sehr trocken und verliert viel von ihrer Durchsichtigkeit. In anderen Gegenden der Tropenzone, wie über dem atlantischen Ocean, an den Küsten Amerikas, auf den Südseeinseln und an manchen Punkten Indiens ist der Wasserdampf als durchsichtiges Gas in großer Menge der Luft beigemischt, und der Himmel zeigt statt der graublauen Färbung unserer Breiten ein lebhaft hervortretendes Azurblau, welches ihm im

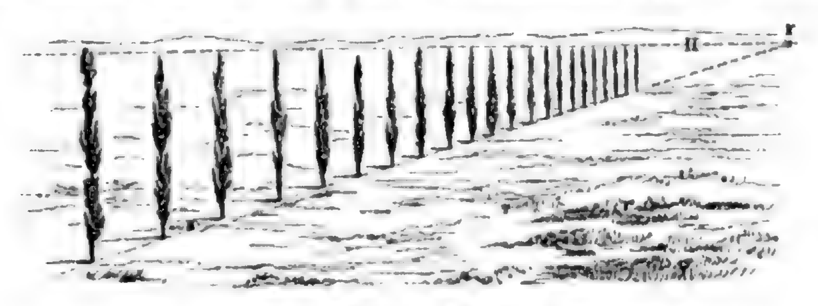
Erste Wirkung der Perspective.

Zenith ein ganz eigenes Ansehen giebt und sich bisweilen bis nahe zum Horizont herab erstreckt.

Die Atmosphäre besitzt zwar eine gekrümmte Oberfläche, da aber ihre Höhe im Vergleich mit dem Erddurchmesser fast verschwindend klein ist, so können wir die Oberfläche der von uns überblickten Luftmasse als dem Horizont parallel ansehen. Stände die Sonne im Zenith, so hätten ihre Strahlen einen nur kurzen Weg innerhalb der Atmosphäre zurückzulegen; je mehr sie sich aber dem Horizonte nähert, um so dicker wird die Luftschicht, welche das Licht zu durchmessen hat, und um so mehr wird es bei diesem Durchgang durch die Atmosphäre geschwächt. Wir können daher ganz gut in die untergehende Sonne blicken, während ihr Glanz zur Mittagszeit für unser Auge unerträglich ist. Aus demselben Grunde erscheinen bei Nacht die dem Horizont naheliegenden Theile des Himmels fast sternleer.

Versuchen wir nun, die Ursache aufzufinden, welche die Abplattung des Gewölbes bewirkt, die wir bei klarem und bei bedecktem Himmel deutlich wahrnehmen. Dieselbe ist ohne Zweifel eine Wirkung der Perspective. Unwillkürlich

denken wir uns stets den Horizont in gleicher Höhe mit unserem Auge, so daß die einzelnen Gegenstände, je nachdem sie einen höheren oder tieferen Standpunkt als wir einnehmen, bald gesenkt, bald gehoben erscheinen. Betrachten wir eine Allee von gleich hohen Pappeln, so scheinen die Stämme in gleicher Höhe bis zum Horizont fortzulaufen, während die Wipfel sich immer mehr dem Boden nähern; steigen wir aber auf die erste Pappel, so bilden gerade umgekehrt die Wipfel eine horizontale Linie, während die Fußpunkte der Stämme sich zu heben scheinen. Eine ähnliche Erscheinung muß am Himmel in Bezug auf die Wolken stattfinden, d. h. sie müssen sich vom Zenith abwärts zu senken scheinen. Schwebten mehrere Ballons in gleicher Höhe, so müßte ein in dem ersten befindlicher Beobachter alle übrigen in horizontaler Linie erblicken und deshalb die Erde nach dem Horizont hin ansteigen sehen. Hat man im Ballon die Wolken durchschnitten, so bilden dieselben nicht ein gegen die Erde hin gesenktes Gewölbe, sondern breiten sich in einer Ebene als ein ungeheurer Schneeocean aus. Sobald man aber



Zweite Wirkung der Perspective.

drei bis viertausend Fuß über ihnen schwebt, so erscheinen sie im umgekehrten Sinne gekrümmt. Denselben Anblick gewährt die Erdoberfläche selbst, und der Luftschiffer ist gewöhnlich in hohem Grade überrascht, wenn er diese Erscheinung zum ersten Male wahrnimmt; er hatte erwartet, daß er aus großer Höhe deutlich die Wölbung der Erde erkennen würde, statt dessen vertieft sich die letztere unter ihm gleich einer Schale und steigt gegen den Horizont an, der immer in der Höhe des Auges bleibt.

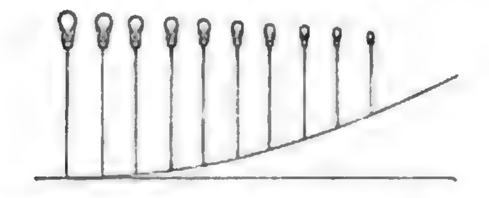
Diese Wirkung der Perspective wird noch durch den Umstand unterstützt, daß unser Auge die Länge horizontaler Linien richtiger beurtheilt, als die Ausdehnung verticaler Linien, wie uns z. B. ein Baum weit länger erscheint, wenn er liegt, als wenn er steht. Diese Täuschung unseres Auges hat wohl ihren Grund darin, daß wir gewohnt sind, uns in horizontaler Richtung fortzubewegen und nicht senkrecht aufzusteigen, weswegen wir horizontale Längenausdehnungen ziemlich richtig schätzen, verticale Linien aber sehr falsch taxiren.

Aus dieser scheinbaren Abplattung des Himmelsgewölbes erklärt es sich, daß uns die Sternbilder in der Nähe des Horizontes weit größer erscheinen, als bei

höherem Stande, und daß Sonne und Mond beim Auf- und Untergange weit größere Durchmesser zeigen, als zur Zeit ihrer Culmination. Euler suchte in seinen „Briefen an eine deutsche Fürstin" im Jahre 1762 diese Erscheinung anders zu erklären. Er sagt: „Das Licht der in der Nähe des Horizontes stehenden Gestirne wird sehr geschwächt, da es einen weiten Weg durch die Atmosphäre zurückzulegen hat. Da diese Gestirne nun weniger hell sind, so scheinen sie weiter entfernt zu sein, weil wir gewohnt sind, die näheren Gegenstände auch gleichzeitig heller zu sehen, wie uns z. B. eine Feuersbrunst bei Nacht weit näher zu sein scheint, als sie wirklich ist. Diese scheinbar größere Entfernung der Himmelskörper in der Nähe des Horizontes läßt uns das Himmelsgewölbe abgeplattet erscheinen."

Die scheinbare Gestalt des Himmels läßt sich daher in der einen oder anderen Weise auf optische Principien zurückführen, gerade wie die Färbung und die Durchsichtigkeit.

Die eigentliche Tageshelle beachten und würdigen wir gewöhnlich nicht genug, weil wir zu sehr an dies zerstreute Licht gewöhnt sind. Ein Aufenthalt von



Wirkung der Perspective vom Luftballon aus.

Anblick der Erdoberfläche vom Luftballon aus.

wenigen Stunden auf dem Monde würde uns sofort erkennen lassen, wie ganz anders sich der Tag auf einem Himmelskörper gestaltet, dem die Atmosphäre fehlt. Biot vergleicht die Luft mit einem glänzenden Schleier, der sich rund um die Erde breitet, das Sonnenlicht an seinen feinen Maschen abprallen läßt und es auf diesem Wege zerstreut. Nach Sonnenaufgang herrscht überall Tageshelle, und auch jeder noch so tief versteckte Platz, den die Sonnenstrahlen selbst gar nicht treffen, empfängt immer noch etwas Licht. Fehlte unserer Erde die Atmosphäre, so würden nur solche Stellen Licht erhalten, welche direct den Sonnenstrahlen ausgesetzt wären, alles Uebrige würde in tiefem Dunkel liegen, so daß in unseren Wohnungen an der der Sonne abgekehrten Seite volle Nacht herrschen müßte. Die Sonne würde, auch wenn sie dem Horizonte ganz nahe stände, doch noch mit vollem Glanze leuchten, und gleich nach ihrem Untergange müßte tiefe Nacht die Erde bedecken, und ebenso würde bei Sonnenaufgang der Tag ohne vorangehende Dämmerung urplötzlich hereinbrechen. Da überdies die von der Erde zurückgeworfenen Sonnenstrahlen nicht mehr von der Atmosphäre zurückgehalten würden, so müßte unser Planet einen sehr erheblichen Wärmeverlust erleiden und auf ihm eine lebhafte Kälte herrschen.

Die auffallenden Wirkungen, welche das Fehlen der Atmosphäre mit sich bringt, würden uns noch weit mehr in die Augen fallen, wenn wir uns nach unserem Satelliten zu versetzen vermöchten. Kaum giebt es einen größeren Contrast, als der ist, welchen die Oberfläche der von der Atmosphäre umflossenen Erde mit den Landschaften des luftleeren Mondes bildet. Auf unserem Trabanten ist der Boden überall felsig und wird von keinem Regen getränkt, von keinem Bache durchschnitten; hier dehnen sich jähe Klüfte und weite Bergwüsten, dort ragen erloschene Vulkane und isolirte Bergspitzen zu dem ewig schwarzen Himmel empor, an welchem auch bei Tage neben der Sonne die Erde und die Sterne glänzen, doch ohne zu funkeln. Die Tage sind in gewissem Sinne nur Nächte, die durch eine strahlenlose Sonne erhellt werden. Auf der uns abgewandten Mondhälfte ist die Nacht völlig schwarz; auf der uns zugewendeten Hälfte wird sie erhellt durch das Licht der Erde, deren erstes Viertel für die Mondmitte mit Sonnenuntergang zusammenfällt, während Voll- und Neu-Erde mit Mitternacht und Mittag zusammentreffen. Am Tage prallen die Sonnenstrahlen von den Felskanten und den hohen Bergkegeln ab, oder fallen auf die jähen Ränder der klaffenden Abgründe, zeichnen wunderliche Schattenfiguren mit zackigen und eckigen Umrissen, und verlieren sich, von den getroffenen Flächen zurückgeworfen, in den Weltraum. Die Zeichnung stellt eine Mondlandschaft aus der Umgebung des Ringgebirges Aristarch dar. Sie zeigt keine andern Farben, als Weiß und Schwarz. Das Licht wird nicht zerstreut und ein großer Theil der einzelnen Krater bleibt in voller Dunkelheit. Phantastische Bergthürme erheben sich und gleichen Gespenstern, die auf diesem eisigen Kirchhofe Wacht halten. Die Abwesenheit der Atmosphäre läßt auch am Tage die Sterne an dem schwarzen Himmel über diesem traurigen Schauplatz glänzen, und wir mögen froh sein, daß unsere Erde so durchaus von ihm verschieden ist.

In dem Vorhergehenden haben wir gesehen, wie die Reflexion oder Zurückwerfung des Lichtes die Farbe des Himmels und die Tageshelle hervorruft; jetzt werden wir sehen, daß die Refraction oder Brechung des Lichtes, welche das weiße Licht in seine farbigen Strahlen zerlegt, in nicht geringerem Grade dazu beiträgt, dem Himmel ein immer wechselndes, bald heiteres, bald düsteres Aussehen zu verleihen.

Jedesmal, wenn ein Lichtstrahl aus einem durchsichtigen Mittel in ein anderes übergeht, erleidet er eine Ablenkung, deren Richtung und Stärke durch die verschiedene Dichtigkeit der beiden Mittel bedingt werden. Tritt er aus der Luft in Wasser, so nähert er sich der Verticalen, weil das Wasser dichter ist, als die Luft, und umgekehrt entfernt sich ein aus Wasser in Luft übertretender Strahl von dieser Linie. So kommt es, daß ein in Wasser schief eingetauchter Stab an der Oberfläche der Flüssigkeit eingeknickt und sein unterer Theil gehoben erscheint.

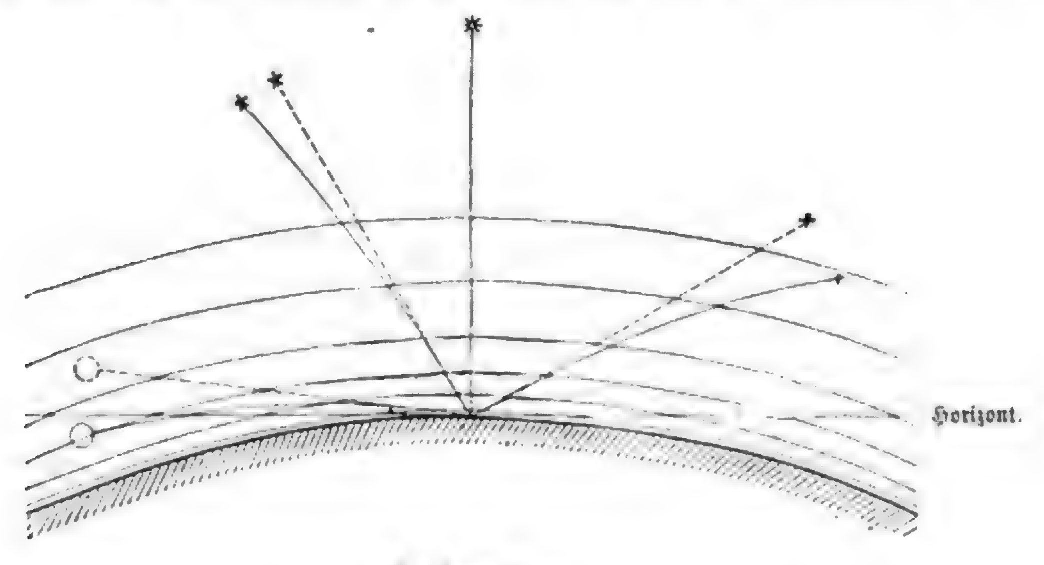
Der Tag auf dem Monde.

Digitized by Google

Digitized by Google

Eine ähnliche Ablenkung erleidet ein Lichtstrahl, welcher aus einer höheren in eine niedere Luftschicht übergeht, da wie wir gesehen haben, die unteren Luftschichten dichter sind, als die oberen.

Da nun die verschiedenfarbigen Strahlen, welche in ihrer Vereinigung das weiße Licht bilden, nicht dieselbe Brechbarkeit besitzen, so müssen sie bei dem Uebergang in eine dichtere Luftschicht sich von einander trennen, so daß das weiße Licht in die farbigen Strahlen, die es zusammensetzen, zerlegt wird. Wenn daher ein Lichtstrahl bei seinem Durchgange durch die Luft gebrochen wird, so haben wir zwei gesonderte Erscheinungen zu beachten. Durch die Brechung werden zunächst die Strahlen der Gestirne so abgelenkt, daß wir die Sonne, den Mond




Die Refraction.

und alle Sterne in größerer Höhe erblicken, als ihnen in Wahrheit zukommt; andererseits werden die Strahlen, welche das Licht zusammensetzen, mehr oder weniger getrennt, je nach der augenblicklichen Dichtigkeit und Durchsichtigkeit der Luft. Die erste Erscheinung ruft in Verein mit der Zurückwerfung die Dämmerung hervor, die zweite schmückt den Morgen- und Abendhimmel mit den zarten Farben, an denen wir uns so gerne erfreuen.

Die Refraction ist um so größer, je schräger die Richtung ist, in welcher der Strahl die Atmosphäre durchdringt. Alle astronomischen Beobachtungen würden in Hinsicht auf die Ortsbestimmungen der Gestirne falsch sein, wenn man sie nicht mit Rücksicht auf die Strahlenbrechung verbesserte. So erscheint beispielsweise der Stern A in A′ und B in B′. Während im Zenith gar keine Ablenkung stattfindet, nimmt dieselbe immer mehr zu, je mehr man sich dem Horizonte nähert, beträgt in einer Höhe von 10 Grad bereits $5^1/_3$ Bogenminuten und wächst am Horizonte selbst bis auf 33 Minuten an, so daß alle im Horizont befindliche Gestirne uns um diesen Winkel gehoben erscheinen. Da nun die Durchmesser von Sonne und Mond

noch kleiner als 33 Minuten sind, so tritt die sonderbare Erscheinung ein, daß die Scheiben beider Gestirne für uns schon völlig sichtbar werden, wenn sie durch die Krümmung der Erde noch verdeckt sind und sich in der That noch unter unserem Horizonte befinden. Ebenso bleiben beide noch sichtbar, wenn sie in der Wirklichkeit schon untergegangen sind. Hieraus erklärt sich die auffällige Thatsache, daß man bisweilen die Sonne im Westen und gleichzeitig den Vollmond im Osten sieht, ja daß man eine Mondfinsterniß beobachten kann, während die Sonne noch sichtbar ist, obgleich bei einer solchen der Erdball sich genau zwischen

Abplattung der Sonne in Folge der Refraction.

beiden Gestirnen befindet und sie im astronomischen Sinne beide unter unserem Horizonte stehen; wir sehen sie noch, weil sie durch die Strahlenbrechung gehoben werden. Diese sonderbare Erscheinung ist bei den Finsternissen vom 16. Juni 1666, vom 26. Mai 1668 und neuerdings am 12. Juli 1870 beobachtet worden. Auch die Abplattung, welche Sonne und Mond bei ihrem Auf- und Untergange zeigen, findet ihre Erklärung durch die Refraction, welche den unteren Rand der Scheibe mehr hebt, als den oberen, so daß die Scheibe zusammengedrückt erscheinen muß.

Durch die Strahlenbrechung, welche die Sonnenscheibe hebt, wird die Dauer des Tages verlängert und die Nacht verkürzt. Für das mittlere Europa beträgt

diese Verlängerung des Tages zur Zeit der Sonnenwenden neun, zur Zeit der Nachtgleichen nur sieben Minuten; am Nordpol, wo eigentlich vom Herbst- bis zum Frühlingsäquinoctium, also ein halbes Jahr lang Nacht herrschen sollte, geht die Sonne bereits vor dem Frühlingsäquinoctium auf, sobald sie weniger als 33 Minuten südlich von dem Himmelsäquator steht, und geht erst nach dem Herbstäquinoctium unter, wenn sie wieder bis zu dem angegebenen Punkte unter den Himmelsäquator hinabgesunken ist.

Die Dämmerung, welche dem Sonnenaufgang vorangeht und dem Sonnenuntergange folgt, ist mehr oder minder hell je nach der Heiterkeit der Atmosphäre. Gleich nach dem Untergange der Sonne zeigt sich bei sehr reiner Luft im Osten eine krumme Linie, welche den von der Sonne direct erleuchteten Theil der Atmosphäre von demjenigen trennt, der nur noch durch Reflexion erleuchtet wird; man nennt sie den Dämmerungsbogen. Derselbe hebt sich in demselben Maße höher, in welchem die Sonne sinkt, und geht einige Zeit nach Sonnenuntergang von Ost nach West durch das Zenith. Mit diesem Momente, wo bereits die Planeten und die Fixsterne erster Größe sichtbar werden, endet die sogenannte „bürgerliche Dämmerung". Da die östliche Hälfte des Himmels nicht mehr von der Sonne erleuchtet wird, so beginnt jetzt für alle nach Osten gelegenen Wohnungen die Nacht. Später verschwindet der Dämmerungsbogen am westlichen Horizonte, und mit diesem Augenblicke, wo überall die Nacht anbricht, endigt die „astronomische Dämmerung". Die Sonne ist jetzt etwa 18 Grad unter den Horizont gesunken, während sie beim Schlusse der bürgerlichen Dämmerung erst acht Grad unter unserem Gesichtskreise stand.

Die Dämmerungserscheinungen sind in der Tropenzone fast unbekannt. So berichtet Bruce, daß in Sennaar, wo doch die Luft so durchsichtig ist, daß man die Venus oft am hellen Tage sieht, die Nacht fast unmittelbar dem Sonnenuntergange folgt. „In Cumana, sagt Humboldt, dauert die Dämmerung nur einige Minuten, obschon die Atmosphäre in der heißen Zone höher ist, als anderswo." Die Dauer der Dämmerung ist nicht blos von der geographischen Breite, sondern auch von der Jahreszeit abhängig; sie ist am kürzesten zur Zeit der Nachtgleichen im März und September, am längsten zur Zeit der Sommersonnenwende im Juni. Nördlich vom 50. Breitengrade tritt um diese Zeit gar nicht volle Nacht ein, indem sich die Morgendämmerung unmittelbar an die Abenddämmerung anschließt.

Wir sahen, daß in den heißen Gegenden die große Menge des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes den Himmel tief azurblau färbt; allein dies ist nicht der einzige Schmuck, welchen die atmosphärische Feuchtigkeit der so zauberhaften Natur der Aequatorialzone verleiht, vielmehr malt sie beim Auf- und Untergang der Sonne den Himmel mit unvergleichlich schönen Tinten. Namentlich bietet der

Sonnenuntergang ein so prachtvolles Schauspiel, daß es über jede Beschreibung erhaben ist. Des Abends ist nämlich die Atmosphäre weit feuchter, als am Morgen, da unter der Gluth des Tages eine gewaltige Menge Wasser verdunstet ist, während die Kühle der Nacht einen großen Theil dieses Wasserdampfes condensirt und als Thau ablagert.

Auf dem Meere und an den Küsten ist der Sonnenuntergang im Allgemeinen schöner, als im Binnenlande. Doch auch hier stimmen nach dem Erlöschen des Tagesgestirnes das Himmelblau der fernen Berge, die rosige oder violette Färbung der näher gelegenen Hügel, der warme Ton des Bodens harmonisch zusammen mit dem flammenden Gold des Westens, den rothen und rosigen Tinten, die in den Himmel hinaufschweben, dem tiefen Blau des Zeniths und der dunklen, durch den Contrast oft grünlich erscheinenden Färbung, die sich über den Osthimmel lagert. Weit herrlicher, ja fast überwältigend ist der Anblick, welchen der Sonnenuntergang in den Aequatorialgegenden bietet. Wenn der Himmel nicht ganz klar ist, rufen leichte rosige Wölkchen oder dichtere, kupferroth gesäumte Wolken ein ähnliches Bild hervor, wie wir zu sehen gewohnt sind. Sobald aber der Himmel rein ist, so färbt er sich vollständig anders, als in der gemäßigten Zone. Wenn die Zacken entfernter unterhalb des Horizontes gelegener Bergketten oder entfernte Wolken einen Theil der Strahlen, die nach dem Untergange der Sonne noch die höheren Theile der Atmosphäre erreichen, auffangen, so zeigt sich die sonderbare Erscheinung der Dämmerungsstrahlen. Von dem Punkte, an dem die Sonne untergegangen ist, erhebt sich ein Büschel von Strahlen, welche oft das Zenith erreichen, ja bisweilen an dem der Sonne gegenüberliegenden Punkte des Horizontes wieder zusammenlaufen. „Wenn in der Nähe des Aequators auf dem Meere, sagt Liais, der Himmel wolkenfrei ist, und solche divergirende Dämmerungsstrahlen sich mit dem Dämmerungsbogen vermischen, so sind die Lichtreflexe so gewaltig und so glänzend, daß sie jeder Beschreibung und jeder bildlichen Darstellung spotten. Wie soll man auch nur annähernd richtig die rothen und rosigen Schattirungen des von den Dämmerungsstrahlen durchbrochenen Bogens malen, der den immer noch hell erleuchteten und im glänzendsten Goldgelb strahlenden Westhimmel begrenzt? Wie soll man dies unnachahmliche Blau beschreiben, welches weit von dem des Tageshimmels verschieden ist und den Himmel von dem azurblauen Zenith bis zu dem Dämmerungsbogen schmückt? Und neben diesem Glanz des westlichen Himmels hätte man die Lichtblitze zu schildern, welche die vom Passatwind gekräuselten Wellen zurückwerfen, die schwarzblaue Färbung des Meeres im Osten, den weißen Schaum der Wogen, welche auf diesem dunklen Grunde sich gegen den blaßrothen Kreis des östlichen Himmels und über den grünlichen Horizont erheben.“

Auch in Gebirgsgegenden, wie in den Alpen, ist der Anblick des Sonnen-

Sonnenaufgang in der Wüste.

Digitized by Google

unterganges von überwältigender Schönheit. Das so viel bewunderte Alpenglühen läßt sich am schönsten von Genf aus an dem mächtigen Bergstocke des Mont Blanc beobachten. Wenn der untere Rand der Sonnenscheibe den Kamm des Juragebirges berührt, so verfließen noch über drei Minuten, bis der obere Rand völlig für Genf hinter die Bergkette hinabgesunken ist. Wenn das Tagesgestirn verschwunden ist, fährt der Westhimmel, sobald die Luft rein ist, fort, in weißem oder schwach gelblich gefärbtem Lichte zu leuchten. Lagern dort dichtere Wolken, so färben sich ihre noch erleuchteten Ränder lebhaft goldgelb, orange oder roth; aber der Himmel zwischen ihnen nimmt noch nicht Theil an dieser lebhafteren Färbung, sondern bleibt weiß, nur ist das Licht weniger hell. „Die Schatten steigen reißend schnell an den Abhängen der Bergketten empor, sagt Saussure; alle Farben verblassen, eine dunkle, gleichförmige Schattirung tritt an ihre Stelle, und man kann bei diesem raschen Wechsel für jeden Ort genau den Augenblick angeben, wo er aufhört, erleuchtet zu sein. Während das Schattenreich schnell seine Grenzen erweitert, erscheinen in Folge des Contrastes die noch beleuchteten Punkte glänzender und lebhafter gefärbt. Nun zeigen die noch beleuchteten Schneefelder der entfernten Berge eine lebhafte gelbröthliche Färbung, und die hervorragenden Felsklippen sind orangeroth angehaucht. Sobald die niedrigeren Theile der Alpen unterhalb der Schneegrenze ganz in Dunkel gehüllt sind, strahlen die Felsen und noch mehr die Schneefelder in immer hellerem Glanze; der Schnee zeigt das leuchtende Roth der Morgenröthe, die Felsen sind etwas matter gefärbt. Da beide, Schnee und Felsen, von demselben Glanze umflossen werden, so tritt der Unterschied weniger trocken und weniger scharf hervor, vielmehr machen ihre verschiedenen Schattirungen auf das Auge einen höchst harmonischen Eindruck. Bereits ist der Theil des Himmels, auf welchen sie sich projiciren und welcher sich drei bis vier Grad über den Horizont erstreckt, mit einem leichten rosigen Hauch übergossen, der immer lebhafter wird und sich immer mehr roth färbt.

Etwa 23 Minuten nach dem Untergange der Sonne für Genf hat der Schatten den niedrigsten Schneegipfel der Hauptkette, den 9624 Fuß hohen Buet, der etwa acht Meilen von Genf entfernt ist, erreicht, drei Minuten später bedeckt er die Spitze der 12,800′ hohen Aiguille verte. Jetzt bleibt nur noch der Mont Blanc selbst erleuchtet, während alles Uebrige in Dunkel getaucht ist. Er strahlt im wärmsten rothgelben Lichte, einzelne Stellen senden ein feuerrothes Licht aus und gleichen glühenden Kohlen. Man glaubt einen fremdartigen, der Erde gar nicht angehörigen Körper vor sich zu sehen. Noch eine Minute — und eine seiner Spitzen, der Dome du Goutier, erlischt, und endlich 29 Minuten, nachdem die Sonne für die Ebene untergegangen ist, wird auch der 14,800 Fuß hohe Gipfel des Mont Blanc vom Dunkel eingehüllt.

Von dem Augenblick an, wo der Schatten die schneebedeckten Gipfel erreicht

und bedeckt, vollzieht sich in dem Grade als die Verdunkelung fortschreitet, eine eigenthümliche Veränderung in dem Aussehen des Gebirges. Die erst so glänzenden und warmen Töne, die harmonische Färbung, welche die Schneefelder und die Felsen mit demselben Roth übergoß, so daß sie nur verschiedene Schattirungen derselben Farbe zeigten, Alles ist verschwunden und hat einem Anblick Platz gemacht, den man wahrhaft leichenartig nennen kann. Nichts kann dem Gegensatz zwischen dem Leben und dem Tode, wie er sich in dem menschlichen Antlitz ausdrückt, mehr gleichen, als dieser Uebergang vom Lichte des Tages zu dem Dunkel der Nacht auf den hohen schneebedeckten Bergen. Die Schneefelder zeigen jetzt ein mattes bläuliches Weiß, die Felsengrate, die sie durchziehen, und die Klippen, die aus ihnen hervortreten, erscheinen blau oder blaugrau und zeichnen sich hart von dem matten Weiß des Schnees ab. Der Anblick hat jeden Reiz verloren. Sobald der Unterschied zwischen hell und dunkel schwindet, treten die gerundeten Anschwellungen der Abhänge nicht mehr hervor und das Gebirge erhebt sich platt wie eine senkrechte Mauer. Der allgemeine Farbenton ist ebenso kalt und todt geworden, wie er vorhin warm und lebendig war.

Dieser schnelle Wechsel zwischen zwei so ganz verschiedenen Bildern macht den Anblick des von der untergehenden Sonne bestrahlten Schneecolosses nicht nur für die Reisenden zu einem viel bewunderten Schauspiel, sondern ruft auch immer aufs Neue die Bewunderung der Bewohner der umliegenden Thäler hervor, welche doch seit langen Jahren dieses Bild kennen. Allein es tritt hierzu noch ein dritter Lichteffect, welcher dem Bilde noch mehr Interesse verleiht.

Der dem Gebirge benachbarte Theil des Himmels, auf welchen die Bergspitzen sich projiciren, war schon früher mit einem rosigen Hauche übergossen; jetzt, nachdem die Berge in farblosem Dunkel daliegen, wird das Roth immer lebhafter und dunkler. Bei aufmerksamem Hinblicken sieht man etwa zwei Minuten nach dem Erlöschen der Gluth auf dem Mont Blanc an dem unteren Theile dieses rothen Himmels einen dunkelblauen horizontalen Streifen erscheinen, der anfangs nur schmal ist, aber reißend schnell an Höhe zunimmt und die rothen Farben vor sich her zu jagen scheint, um an ihre Stelle zu treten. Es ist dies der Erdschatten, welcher die höher gelegenen Theile der Atmosphäre hinter dem Gebirge allmählig verdunkelt. Sobald diese blaue Zone den Gipfel des Mont Blanc überschritten hat, d. h. etwa 33 Minuten nachdem die Sonne für die Ebene untergegangen ist, färben sich die Schneefelder aufs Neue und gewinnen gewissermaßen wieder Leben, das Relief der Berge tritt wieder hervor, ein warmer, gelbröthlicher Farbenton, wenn auch weniger lebhaft als vorhin, breitet sich abermals über das Gebirge. Wieder verschwindet der Unterschied zwischen den Felsen und den Schneefeldern, die ersteren leuchten gelblich und harmoniren abermals mit dem Schnee. Allmählig pflanzt sich diese Lichtwirkung auf die näher

liegenden Berge fort und währt bis zu dem Hereinbrechen der vollen Nacht.“

Das Abendroth ist verglommen, mit der Nacht senkt sich tiefer Frieden auf die Erde herab, und das letzte Geräusch des Tages verstummt allmählig. Die Natur liegt in tiefem Schweigen, als ob sie sich zu neuem Tagewerke sammle. Die dunkelnden Gehölze werden nur noch matt durch das schwindende Licht der Dämmerung erhellt; unermüdlich sendet aus ihnen die Nachtigall ihr süßes Liebeslied empor, dessen schmelzende Töne laut durch die Stille der Nacht schallen. Ein duftiger Hauch umwallt die Hügel, an dem noch dämmerigen Westhimmel leuchtet der Abendstern und in der dunklen Höhe glänzt der Jupiter. Je tiefer das Dunkel wird, um so mehr Sterne enttauchen der Nacht und spannen endlich über das ganze Gewölbe einen golddurchwirkten Teppich.

Unter allen Gestirnen, welche am Nachthimmel glänzen, zieht der Mond am meisten unsere Aufmerksamkeit auf sich, wenn sein mildes Licht unsere Nacht erhellt. In den einzelnen Zonen der Erde wirkt er sehr verschieden in Bezug auf die Erleuchtung der Luft und der Landschaft. Am Pol, wo die eisige Winternacht ein halbes Jahr lang anhält, geht der Mond in jedem Monat einmal auf und verweilt 15 Tage lang über dem Horizont. Bei seinem Aufgange zeigt er die Phase des ersten Viertels. Langsam erhebt er sich und beschreibt $7^1/_2$ Umläufe um den Himmel, wobei die Scheibe sich immer mehr füllt und endlich zum Vollmonde wird, wenn das Gestirn seinen höchsten Stand erreicht hat. Jetzt sinkt es eben so langsam herab, beschreibt wieder $7^1/_2$ Umläufe und geht als letztes Viertel unter, um erst nach 15 Tagen wieder aufzutauchen. Aehnlich ist das Verhalten des Mondes in der ganzen kalten Zone, wo er nicht wie bei uns täglich auf- und untergeht, sondern stets mehrere Tage lang über dem Horizonte verweilt. In den langen Nächten der Polarzone ruft das Mondlicht höchst phantastische und sonderbare Erscheinungen hervor.

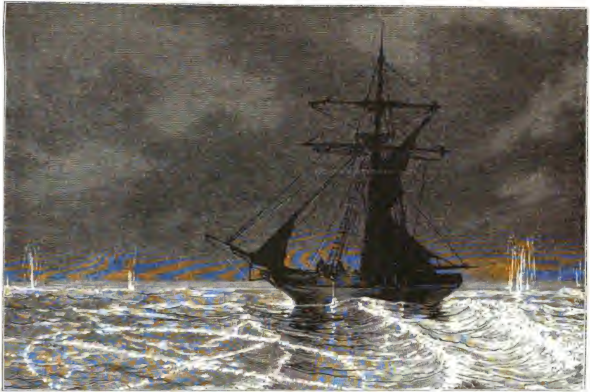
„Der bleiche Schein, sagt Liais, breitet sich über die dichte Schneedecke, welche den Boden verbirgt, und nur die zackigen Flanken gigantischer Eismassen unterbrechen die Einförmigkeit dieses Schauspiels. Ihre sonderbar geformten Eisnadeln und Pyramiden, welche fast den Thürmchen unserer gothischen Bauwerke gleichen, glitzern in eigenthümlichem Glanze und fesseln den Blick mitten in dieser todten und verödeten Natur. Oft geben kleine Eiscrystalle, die in der Luft schweben, die Veranlassung zur Bildung von großen weißen Kreisen um den Mond oder lassen Höfe und Nebenmonde entstehen; oft ist der schwache Schein nicht im Stande die Gluth des Nordlichtes auszulöschen, dessen Strahlen und matt leuchtende Bogen sich mit den weißen oder gefärbten Kreisen um den Mond vermischen. Am Boden werfen im Schatten liegende Eisblöcke das matte und bläulichweiße Licht des Schnees zurück, während die von den Mondstrahlen direct getroffenen Eisstalactiten das Bild des Gestirnes vervielfachen.“ Wie anders ist

das Schauspiel, welches uns eine helle Mondnacht namentlich im Sommer bietet. Hier ist „das Mondlicht, wie Ossian sagt, der göttliche Begleiter der einsamen Nacht, welche leichte, vom Winde getragene Wolken umschleiern, während das melancholische Lied der süßen Nachtigall sie belebt."

In Europa wie in der ganzen gemäßigten Zone erreicht der Vollmond im Winter eine weit bedeutendere Höhe, als im Sommer. Es muß dies der Fall sein, weil der Mond fast dieselbe Bahn beschreibt, wie die Sonne. Wenn er uns nun seine Scheibe voll erleuchtet zeigt, so steht er gerade der Sonne gegenüber, d. h. er befindet sich an demjenigen Punkte der Sonnenbahn, welchen die Sonne vor einem halben Jahre einnahm. Deshalb beschreibt der Vollmond im Sommer denselben niedrigen Bogen, welchen die Sonne im Winter durchmißt, und umgekehrt zieht er im Winter eben so hoch am Himmel hin, wie die Sonne im Sommer.

Erinnern unsere Nächte im Winter, wo Schnee und Eis den Boden bedecken, einigermaßen an die Nächte der Polarzone, so können wir unsere Sommernächte, in denen der Mond sein Licht über eine völlig entwickelte Vegetation ausgießt, mit den mondhellen Nächten der Tropenzone vergleichen; allein sie stehen aus dem angeführten Grunde jenen weit nach, wo der Vollmond bis zum Zenith aufsteigt und seine Strahlen über die üppigste Landschaft ausschüttet. Die Durchsichtigkeit der Atmosphäre begünstigt hier die Beleuchtung, und unter einer Lichtfülle, die den Glanz unseres Vollmondes dreimal übertrifft, heben sich die majestätischen Formen der großen Monocotyledonen aus dem allgemeinen Blättergewirr mit einer unvergleichlichen Schönheit hervor. Man nimmt an, daß das Vollmondlicht dreimalhunderttausend mal schwächer ist, als das Licht der Sonne; die neuesten Messungen in Bezug auf die Wärme der Mondstrahlen haben ergeben, daß dieselben die Temperatur an der Erdoberfläche höchstens um den hunderttausendsten Theil eines Grades erhöhen können.

Eins der merkwürdigsten Schauspiele, welches sich in den Sommernächten zeigt, ist das Meeresleuchten. Sobald die Sonne unter den Horizont gesunken ist, steigen unzählige Schwärme von leuchtenden Thierchen an die Oberfläche des Meeres empor. Ein neues Licht bricht aus dem Schooße der Wogen hervor, und man möchte sagen, der Ocean versuche während der Nacht die Lichtströme wieder an die Atmosphäre zurückzugeben, welche er während des Tages in seine feuchte Tiefe aufgenommen hat. Wenn das Meer ruhig ist, so glaubt man an seiner Oberfläche Millionen lebhafter Funken zu sehen, welche auf- und niedersteigen, während mitten zwischen ihnen neckische Irrlichter hin und her tanzen. Diese einzelnen Lichtpunkte strömen zusammen, trennen sich, um sich wieder zu vereinigen, und bilden schließlich einen mächtigen blau oder weißlich leuchtenden Teppich, auf dessen Grunde einzelne Pünktchen im blendendsten Glanze strahlen. Ist das Meer sehr bewegt, so scheinen die Wellen sich zu entflammen. Sie er-



Meeresleuchten.

Digitized by Google

heben sich, rollen dahin und überstürzen sich in Schaumflocken, welche wie die Funken eines gewaltigen Feuers umherstieben und bald erlöschen. Am Ufer umziehen die brandenden Wellen die Felsen mit leuchtenden Gürteln, auch die kleinste Klippe hat ihren feurigen Kreis. Jeder Ruderschlag läßt aus dem Meere Lichtstrahlen emporschießen, die hier nur matt und gleichförmig glänzen, dort hell leuchten und wie farbige Perlenschnüre flimmern. Die Räder des Dampfers schaufeln Lichtgarben empor und schleudern sie wieder in das Meer hinab, an dem Buge drängt das Schiff zwei phosphorglänzende Wellen vor sich her, während in seinem Kielwasser ein langer Feuerstreifen glänzt, der sich wie der Schweif eines Kometen allmählig verliert.

Man hatte früher verschiedene Erklärungen dieser glänzenden und merkwürdigen Erscheinung gegeben, jetzt wissen wir, daß sie durch eine unzählige Menge von mikroskopischen Thierchen hervorgerufen wird, welche bei Tage dem Meere ein milchartiges Aussehen verleihen und den Ocean bisweilen wie ein Schneefeld aussehen lassen. Unter den verschiedenen leuchtenden Infusorien scheint die sogenannte hirseförmige Noctiluca am meisten zum Meeresleuchten beizutragen. Das Thierchen ist so klein, daß 25 Kubikcentimeter Wasser bisweilen 25,000 Individuen enthalten. Unter dem Mikroskope erscheint die Noctiluca wie ein Kügelchen von durchscheinendem Gallert; in seinem Inneren bemerkt man kleine Körner und leuchtende Punkte. Diese letzteren, deren Größe kaum den fünfundzwanzigsten Theil von dem Durchmesser des Thieres beträgt, erscheinen und verschwinden, indem ihr Glanz sich bei der geringsten Bewegung ändert. Uebrigens sind dies nicht die einzigen Thierchen, welche bei dem Meeresleuchten thätig sind. Medusenarten, Quallen, Nereiden, Krustenthiere, selbst einzelne Fische entbinden Licht, ähnlich wie der Zitteraal Electricität entwickelt. Die meisten scheinen willkürlich das Licht ausstrahlen und unterdrücken zu können, ähnlich wie das Johanniswürmchen. Schöpft man das Wasser des leuchtenden Meeres in ein Glas, so erlischt das Licht beim ruhigen Stehen sehr bald; schüttelt man aber das Glas, so beginnt das Wasser sofort wieder zu leuchten.

Wenn auch diese Erscheinung in der Tropenzone sich weit häufiger zeigt, so ist sie doch an den französischen und englischen Küsten nicht gerade selten und läßt sich namentlich in der heißen Jahreszeit an stürmischen Tagen sehen. Meistens geht sie einem Sturme voraus und kann als Vorbote eines Witterungswechsels angesehen werden.

Vermöge seiner Axendrehung wendet der Erdball allmählig alle seine Meridiane der Sonne zu, so daß für alle dem Tage der Abend, der Nacht der Morgen folgt. Während die eine Hälfte unseres Planeten in Nacht gehüllt ist, die andere von den Strahlen der Sonne erhellt wird, geht für die eine Grenzlinie beider Hälften die Sonne unter, für die andere auf.

Das Erwachen der Natur am Morgen ist zugleich eine Zeit voll Frieden und voll Thätigkeit. Alle Wesen erwachen aus einem erquickenden Schlafe und beginnen aufs Neue den unterbrochenen Kreislauf ihrer Thätigkeit, und wie der Frühling unter den Jahreszeiten, so ist der Morgen unter den Tageszeiten der Ausgangspunkt erneuten Schaffens. Die Vögel senden dem Tagesgestirn ihr Morgenlied entgegen, das in seinen sanften Klängen so gut mit den milden Farbentönen des Frühroths harmonirt. Die Thiere des Feldes erwachen aus der Betäubung, in welche die Nachtruhe sie versenkte; mit Behagen dehnen sie sich in dem jungen Morgenlichte und prüfen die Spannkraft der neugestärkten Glieder. Nur der Bewohner großer Städte macht eine nicht lobenswerthe Ausnahme von diesem allgemeinen Gesetze der Natur; er hat den Tag in Nacht und die Nacht in Tag verkehrt; für ihn ist Mitternacht nicht mehr die Mitte der Nachtruhe, für ihn beginnt der Morgen erst gegen Mittag und währt fast bis gegen Sonnenuntergang.

Wie wir gesehen haben, läßt die atmosphärische Strahlenbrechung den Tag vor Sonnenaufgang beginnen und den Sonnenuntergang überdauern. Ueber die Morgenhelle, welche dem Sonnenaufgang vorhergeht, lassen sich am besten aus dem Luftballon Beobachtungen anstellen. Zur Zeit der Sommersonnenwende genügt im mittleren Europa eine Erhebung von 6—700 Fuß, um aus der unteren Dunstschicht hinauszugelangen und um Mitternacht im Norden den matten Schein der Dämmerung deutlich wahrzunehmen, vorausgesetzt, daß die Luft klar und nicht vom Monde erhellt ist. Leuchtet der Vollmond, so hat man gute Gelegenheit, sein Licht mit der wachsenden Morgenhelle zu vergleichen, indem man Streifen weißen Papieres bald der einen, bald der anderen Lichtquelle aussetzt. Auf diese Weise fand Flammarion, daß die Dämmerung eine Stunde und 13 Minuten vor Aufgang der Sonne bereits dieselbe Intensität besaß, als das Licht des Vollmondes. Am meisten überraschte ihn hierbei die Wahrnehmung, daß das Licht des Mondes, welches wir gewöhnlich als weiß betrachten und welches der Sprachgebrauch silbern nennt, diese Bezeichnung nur verdient, wenn wir es mit unsern künstlichen Lichtquellen vergleichen; vor dem reinen Lichte des Tages vergilbte es, wie das Licht einer Kerze vor den Strahlen des Mondes. Noch ein zweiter bemerkenswerther Unterschied machte sich zwischen der Morgenhelle und dem Mondlicht geltend; die erstere durchdringt gewissermaßen alle Gegenstände, während der Schein des Mondes mehr über die Körper hingleitet und alle Umrisse nur verschwommen erscheinen läßt. Uebrigens scheinen am Morgen selbst bei der klarsten Luft aus der Höhe alle dem Erdboden nahen Punkte wie mit einem leisen Dunstschleier verhüllt, und es möchte gerathen sein, unsere Observatorien in der angegebenen Höhe anzulegen.

Es giebt wohl kaum ein Schauspiel, das in seiner Erhabenheit dem Anblick

der aufgehenden Sonne ebenbürtig ist, wie er sich dem Luftschiffer in den Höhen der Atmosphäre oder dem Reisenden auf dem Gipfel eines hohen Berges darstellt. In der Wüste gleicht die aufgehende Sonne einer Königin, die ihren Purpurmantel abstreift, die Strahlen ihres Diadems flammen bis zu den oberen Wolken empor, und der Beduine begrüßt sie mit dem dreimaligen Allahruf, wie einst die Bewohner der hellenischen Inselwelt den Lichtgott Phöbus Apollon begrüßten. Auf dem Meere flammt ihr erster Strahl plötzlich auf, dann steigt die leuchtende Scheibe feierlich aus den Wogen hervor. Von welchem Standpunkte aus man auch dies Schauspiel betrachten möge, immer ist es erhaben und feierlich.

„Wir schwebten, so beschreibt Flammarion einen vom Ballon aus beobachteten Sonnenaufgang, 7500 Fuß über dem Spiegel des Rheins. Gegen drei Uhr Morgens bildeten sich in den tieferen Regionen Wolken und zeichneten sich auf dem Boden unter uns ab. Die ungeheuren Waldungen Deutschlands entrollten sich unter uns; fast in unserem Fußpunkt erkannten wir Aachen, weit zu unserer Linken die sumpfigen Ebenen Hollands, rechts Luxemburg, hinter uns die schachbrettförmig mit Hecken eingeschlossenen Grundstücke Belgiens, vor uns endlich Westphalen. Der Rhein wand sich in glitzernden Ringen wie eine Schlange durch die weite Landschaft. Das Morgenroth goß eine immer mehr anwachsende Helle über die Erde aus, einzelne Wolken, die zufällig im Osten standen, erschienen wie Mauern und Thürme, welche den matten Farbenton des Marmor zeigten. Hinter diesen phantastischen Gebilden ahnte man die heraufziehende Himmelskönigin, die in ihrer Herrlichkeit bald alle diese schattenhaften Gestalten der Dämmerung verscheuchen mußte. Das tiefste Schweigen umgab unser luftiges Schiff, während unter uns die Wolken sich ballten und wieder zerflossen. Am besten läßt sich dies allmählige Anschwellen der Helle im Osten und alle die Erscheinungen, welche dem Hervortreten des Tagesgestirns vorangehen, mit einer herrlichen Musik vergleichen, welche aus weiter Ferne ertönt. Zuerst erklingt sie so leise, daß man sie mehr ahnt als hört, allmählig tönt sie vernehmlicher und schon unterscheidet man die einzelnen Tonsätze. Noch aber sucht das lauschende Ohr vergeblich das leitende Motiv dieser melodischen Musik, und kaum haben wir uns ganz in diese harmonische Welt der Töne versenkt, da schmettert eine mächtige Fanfare und der Sturm der Töne dringt überwältigend an unser Ohr. Die Himmelsthore öffnen sich, die jugendliche Göttin des Tages tritt flammend hervor und durchdringt in einem Moment den ungeheuren Himmelsraum mit dem Feuer ihrer reinen Strahlen."

Wenn es auch den wenigsten Menschen vergönnt ist, den Sonnenaufgang in der Luft selbst zu beobachten, so hat doch gewiß mancher unserer Leser dies herrliche Schauspiel von dem Gipfel eines Berges aus bewundert. Alle Reisenden, welche die Schweiz besuchten, haben sicherlich den Gipfel des Rigi erstiegen, der

sich ganz isolirt mitten zwischen Seen bis zu der Höhe von 5600 Fuß erhebt. Dieser Punkt ist vorzüglich geeignet, den Sonnenaufgang in seiner ganzen Pracht, wie er sich nur in der Gebirgswelt zeigt, zu beobachten. Flammarion schildert den Eindruck, den dies Schauspiel auf ihn machte, folgendermaßen.

„Heute Morgen habe ich die Sonne aufgehen sehen auf dem Gipfel dieses schönen Berges, der vermöge seiner günstigen Lage eine Rundschau auf die ganze Gebirgswelt der Schweiz gestattet. Es ist ein unbeschreibliches Schauspiel! Man kann sich von diesem Glühen der Schneeberge vor dem Erscheinen der Sonne keine Vorstellung machen, wenn man es nicht selbst gesehen hat. Gestern Mittag stiegen wir den Berg hinan, eine ganze Karawane; Führer, Träger, Pferde und Maulthiere für die Damen, deren zarte Füßchen vor der Berührung der scharfen Felskanten zurückscheuen, Tragstühle für Kranke ꝛc. Alles dies setzte sich in Marsch auf dem schmalen Pfade, der am Zuger See bei Art beginnt und durch Wälder und Gestrüpp über Felsklippen und Gießbäche hin bis zum Kulm, dem Gipfel des Berges führt. Um sechs Uhr hatten wir diese herrliche Kuppe erreicht und vor uns entfaltete sich ein unvergleichliches Panorama. Die ungeheure in Eis und Schnee gehüllte Kette der Berner Alpen, die einzelnen aus der Hauptkette hervorragenden Bergriesen, das ganze vielfach gegliederte Relief dieser zerklüfteten Gegend, die Abhänge der näheren Höhen, die Weiden und grünen Wiesen dieses irdischen Paradieses, die unzähligen himmelblauen Seen, die zierlichen Städte, die Dörfer und rothen Schlößchen, die über die ganze Gegend verstreut sind — Alles lag vor unseren entzückten Blicken klar und deutlich da. Von keinem Punkte der Erde, höchstens vom Luftballon aus, stellt sich der Sonnenaufgang schöner dar, als vom Rigi; es ist ein erhabener und unbeschreiblicher Anblick, und ich glaube, daß nicht viele Gemüther seine Schönheit ganz empfinden und sich des majestätischen Eindrucks ganz bewußt werden.

Eine Stunde vor Sonnenaufgang weckt der Schall eines Hirtenhornes die Schläfer. Wir waren unser 230! Der Mond erhellte die Atmosphäre mit mattem Lichte und man konnte die fernen, schwach glänzenden Gletscher erkennen. Der Jupiter glänzte neben dem Monde, Venus leuchtete im Osten. Noch betrachteten wir dies eigenthümliche Nachtgemälde, da begannen schon die Eisberge allmählig ihr Aussehen zu verändern. Ganz langsam streiften sie die dunklen Schleier ab, welche sie verhüllten, und zeigten sich in ihrer wahren Gestalt. Ein zerstreutes Licht verbreitet sich durch die kalte und feuchte Morgenluft und nimmt immer mehr an Kraft zu. Im Osten ist der Horizont ausgezackt durch die graugefärbten Bergketten, welche die Umrisse ihrer Gipfel auf dem hellen Hintergrunde abzeichnen. Jetzt beginnen die Gletscher im Süden, die bis dahin in der Morgenhelle kaum sichtbar waren, sich mit einem zarten und wahrhaft himmlischen Roth zu färben; für sie ist die Sonne aufgegangen. Die weißlichen Spitzen vergolden

sich, rücken aneinander und gestalten sich zu einer Landschaft, welche jenseits der noch dunklen Tiefe in den Wolken zu schweben scheint. Spitze auf Spitze erglüht. Finsteraarhorn, Eiger, Mönch, Jungfrau, der Uri=Rothstock, der Säntis, der Glärnisch und hundert andere Gipfel sind mit dem milden Roth übergossen. Von den rosig angehauchten Schneefeldern wendet sich das Auge dem östlichen Horizont zu — da zuckt ein rother Strahl empor und erhellt die Luft. Langsam und majestätisch scheint das flammende Tagesgestirn dem grauen Himmel zu entschweben, gießt das Morgenlicht über alle Bergkuppen aus, läßt Berg auf Berg, Thal auf Thal aus dem Dunkel auftauchen, und enthüllt so allmählig das ganze Rundgemälde wie in einer Reihe einzelner Blätter, die immer weiter zurückweichen, so daß die zuerst sichtbaren Schneeberge sich immer weiter entfernen und immer neuen, näher liegenden Bergen, Hügeln und Thälern Platz machen."

Wir haben gesehen, daß das Sonnenlicht, welches unserem Planeten seine Schönheit verleiht, bei seinem Durchgange durch die Atmosphäre zum Theil von den durchmessenen Luftschichten verschluckt wird, und daß diese Absorption uns den Himmel domförmig gewölbt erscheinen läßt. Man hat die Größe dieser Absorption durch sehr interessante Untersuchungen ermittelt. Bevor wir diese zu beschreiben versuchen, muß daran erinnert werden, daß der Lichtstrahl, so unfaßbar er auch erscheinen mag, dennoch mechanische Arbeit zu verrichten im Stande ist, gerade so gut wie die Wärme. Mischt man z. B. Chlorgas und Wasserstoff im Finstern und läßt alsdann einen Sonnenstrahl auf das Gefäß fallen, so verbinden sich beide Gase unter starker Explosion zu Salzsäure. Bunsen und Roscoe versuchten die Arbeit, welche das Licht bei dieser Verbindung leistet, näher zu bestimmen. Zu diesem Zwecke ließen sie ein Bündel Sonnenstrahlen in ein dunkles Zimmer treten und auf das Gemisch der beiden Gase wirken. Die Verbindung derselben, die bei einer kräftigen Einwirkung der Sonnenstrahlen unter Explosion erfolgt, geht bei einer schwächeren Einwirkung langsamer vor sich und läßt sich genau verfolgen, wenn man die gebildete Salzsäure in einem Maßrohre von Wasser absorbiren läßt. Indem sie das Experiment zu verschiedenen Tageszeiten, wo die Sonne ungleich hoch stand, anstellten, gelang es ihnen, den absorbirenden Einfluß der Atmosphäre auf Strahlen, die verschieden dicke Luftschichten durchstrichen haben, zu ermitteln. Hieraus konnten sie die Größe der Arbeit berechnen, welche die Sonne an den Grenzen unserer Atmosphäre auf ein Gemisch von Chlor und Wasserstoff ausüben würde. Die Rechnung zeigt, daß wenn unsere Atmosphäre ganz aus einem Gemisch jener beiden Gase bestände und die senkrecht einfallenden Sonnenstrahlen in ihr keine Absorption erlitten, die chemische Kraft des Sonnenlichtes in jeder Minute die Verbindung eines Gemenges von Chlor und Wasserstoff in einer Schicht von mehr als 100 Fuß Dicke bewirken würde. Nach dem Durchgang durch unsere Atmosphäre vermögen nun die Sonnenstrahlen nur eine

Salzsäureschicht von 43 Fuß Höhe zu erzeugen, so daß sie etwa drei Fünftel ihrer ursprünglichen Intensität verloren haben. Da Untersuchungen über die Sonnenwärme gezeigt haben, daß die Sonnenstrahlen unter denselben Bedingungen höchstens ein Drittel ihrer wärmenden Kraft verlieren, so werden die am stärksten brechbaren chemischen Strahlen weit kräftiger von der Atmosphäre verschluckt, als die am wenigsten brechbaren Wärmestrahlen.

Die Absorption der chemischen Strahlen wächst sehr schnell mit der Dicke der durchlaufenen Luftschicht, während die leuchtenden Strahlen eine weit geringere Schwächung erleiden. Bei einer Sonnenhöhe von zwölf Grad werden die ersteren 26 mal kräftiger absorbirt, ja bei einer geringeren Höhe hört die chemische Wirkung ganz auf, während die Lichtwirkung noch sehr stark ist. Das rothe Aussehen der untergehenden Sonne beweist, daß die brechbarsten Strahlen in ihrem Lichte ganz fehlen.

Die genannten beiden Physiker haben die Größe der Arbeit, welche die Sonne bei der Verbindung von Chlor und Wasserstoff leistet, mit derjenigen verschiedener irdischer Lichtquellen verglichen. Es ergab sich, daß eine Scheibe von brennendem Magnesiummetall von einem Fuß Durchmesser in der Entfernung von 107 Fuß dieselbe Wirkung auf das Gemisch der beiden Gase ausüben würde, wie die Sonne bei einer Höhe von 10 Grad. Der glänzende electrische Lichtbogen, welcher sich zwischen den Kohlenspitzen einer starken galvanischen Batterie bildet, wirkt auf photographisches Papier viermal schwächer als das directe Sonnenlicht. Später werden wir die Wärmestrahlen, mit welchen die Sonne die um sie kreisenden Planeten überschüttet, näher besprechen; hier kam es darauf an, die wichtige Rolle, welche das Licht in der Natur spielt, hervorzuheben.

---

## Zweites Capitel.

# Der Regenbogen.

In dem vorigen Capitel haben wir die allgemeinen Lichtwirkungen betrachtet, wie sie sich regelmäßig im Verlaufe des Tages darstellen; in den folgenden Abschnitten sollen andere merkwürdige Erscheinungen, welche das Licht in der Atmosphäre hervorruft, besprochen werden. Unter ihnen nimmt der Regenbogen die erste Stelle ein, und zwar wird die Erklärung dieses Phänomens uns das Verständniß der übrigen hierher gehörigen Erscheinungen erleichtern.

Mancher unserer Leser hat gewiß schon in den umhersprühenden Tropfen eines Springbrunnens oder eines Wasserfalls einen kleinen Regenbogen entstehen sehen, der ganz dem majestätischen Bogen gleicht, welcher sich nach einem Gewitterregen über den Himmel ausspannt. Bei der Bildung eines solchen kleinen Bogens müssen stets drei Bedingungen erfüllt sein: es müssen Wassertropfen in der Luft schweben, die Sonne muß scheinen und der Beobachter sich zwischen der Sonne und den Tropfen befinden. Dieselben Bedingungen müssen erfüllt sein, wenn sich der wirkliche Bogen bilden soll, in welchem der hebräische Dichter die Verheißung Jehovahs erblickte und auf welchem der Grieche die Götterbotin zur Erde herabschweben ließ. Wenden wir der Sonne den Rücken, so rufen die Sonnenstrahlen, welche in den fallenden Tropfen zugleich gebrochen und gespiegelt werden, dies schöne Schauspiel in folgender Weise hervor.

Es möge AII′ einen in der Luft schwebenden Regentropfen vorstellen. Ein Sonnenstrahl trifft ihn bei I und wird bei seinem Eindringen nach dem früher erwähnten Gesetze von seiner Richtung abgelenkt. Bei A angekommen wird der Strahl von der Wand der kleinen Wasserkugel zurückgeworfen und erleidet bei seinem Austritt in I′ eine abermalige Ablenkung, welche ihn weniger steil zur Erde

kommen läßt. Der anfangs einfarbige Strahl ist nun in die farbigen Strahlen zerlegt, welche in ihrer Vereinigung das weiße Licht bilden und verschiedene Brechbarkeit besitzen. Die austretenden farbigen Strahlen bilden daher ungleiche Winkel mit der Erdoberfläche und zwar die rothen den größten, die violetten den kleinsten, so daß, wenn der rothe Strahl das Auge trifft, die übrigen von demselben Tropfen kommenden Strahlen das Auge nicht erreichen. Wohl aber wird der von einem tiefer gelegenen Tropfen reflectirte violette Strahl zum Auge gelangen, so daß der Beobachter in der Richtung dieser Tropfen oben einen rothen, unten einen violetten Punkt sieht. Die dazwischen liegenden Tropfen senden die zwischen Roth und Violett liegenden farbigen Strahlen ins Auge und es zeigt sich daher ein vollständiges Sonnenspectrum, dessen Farben von unten nach oben in der Folge

Einfache Spiegelung der Sonnenstrahlen im Regentropfen.

Violett, Indigo, Blau, Grün, Gelb, Orange, Roth sich aneinander reihen. Denken wir uns nun durch den Tropfen eine Kegeloberfläche gelegt, deren Axe durch die Sonne und das Auge des Beobachters geht, so wird jeder Tropfen, welcher sich auf dieser Oberfläche befindet, dieselbe Wirkung ausüben, und es entsteht eine Reihenfolge von Spectren, welche einen bunten, oben roth, unten violett gefärbten Bogen bilden.

Die Erscheinung hält so lange an, als noch herabfallende Regentropfen dieselbe Stelle passiren; sie erneuert sich in jedem fallenden Tropfen, so daß der Bogen ruhig an seiner Stelle verharrt. Der Mittelpunkt desselben liegt stets an dem Punkte, wo die durch das Auge und die Sonne gezogene gerade Linie das Himmelsgewölbe trifft. Die Rechnung zeigt, daß die rothen Strahlen einen Winkel von $42^1/_3$ Grad mit der Axe bilden, während die violetten Strahlen nur um $40^1/_2$ Grad von dieser Linie abweichen, so daß die Breite des Bogens unge-

Digitized by Google

fähr zwei Grad, d. h. den vierfachen Durchmesser der Sonne beträgt, während der Durchmesser des ganzen Bogens 84 Grad mißt. Je größer die fallenden Tropfen sind, um so heller glänzt der Regenbogen; sie müssen weit größer sein, als die kleinen Bläschen und Tröpfchen, welche den Nebel und die Wolken bilden, wenn das Auge die Farben noch unterscheiden soll, weswegen wir auch im Nebel niemals einen Regenbogen sehen.

Nach dem Ausgeführten ist es leicht, nach dem jeweiligen Stande der Sonne zu bestimmen, wie hoch sich der Regenbogen erheben wird, und die Bedingungen aufzufinden, unter denen er sich gar nicht bilden kann. Steht die Sonne gerade im Horizonte, so trifft die von ihr durch das Auge gezogene gerade Linie ebenfalls den Horizont; hier müßte also der Mittelpunkt des Bogens liegen und dieser daher als ein Halbkreis erscheinen. Steigt die Sonne höher, so senkt sich die

Doppelte Spiegelung der Strahlen im Regentropfen.

Axe des Kegels und der Bogen wird kleiner; erreicht die Sonne die Höhe von 42 Grad, so liegt der höchste Punkt des Bogens im Horizont. Bei noch höherem Stande der Sonne kann der Regenbogen gar nicht mehr wahrgenommen werden, da er gänzlich unter dem Horizonte liegen würde.

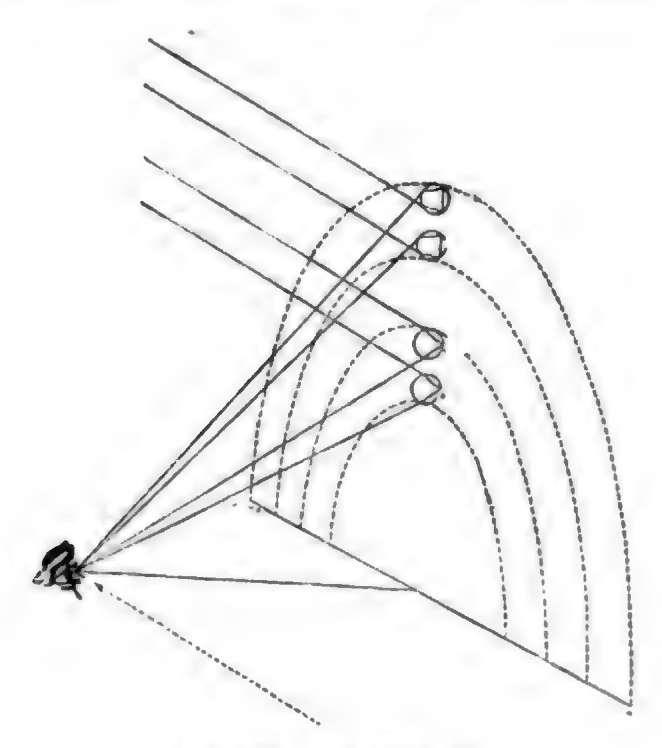
Aus dem angeführten Grunde kann sich im Sommer zur Mittagszeit, wo die Sonne höher als 42 Grad steht, kein Regenbogen bilden. Von der Erdoberfläche aus kann man den Bogen höchstens als Halbkreis sehen, was stattfindet, wenn die Sonne auf- oder untergeht; dagegen übersieht man vom Luftballon aus einen weit größeren Theil des Bogens.

Oft bemerkt man über dem ersten noch einen zweiten Regenbogen, in welchem sich die Farben in umgekehrter Ordnung folgen, so daß das Roth nach innen, das Violett nach außen gewendet ist. Derselbe wird dadurch erzeugt, daß die Sonnenstrahlen im Innern der Wassertropfen eine zweimalige Zurückwerfung erleiden. Dieser zweite Bogen, dessen innerer Durchmesser 51 Grad beträgt, und welcher etwa drei Grad breit ist, zeigt stets weit weniger lebhafte Farben als

Digitized by Google

der erste. Die Gegend zwischen beiden ist gewöhnlich weit dunkler, als der übrige Himmel, und es scheint das Licht hier sehr stark absorbirt zu werden. Die Rechnung ergiebt zwar, daß sich durch weitere Spiegelungen noch fernere Bogen bilden können, allein diese sind so wenig hell, daß das Tageslicht sie nicht sichtbar werden läßt. Hin und wieder hat man den dritten gesehen in nur 40 Grad Entfernung von der Sonne.

Bisweilen rufen die Sonnenstrahlen, wenn sie von dem Spiegel einer ruhigen Wasserfläche reflectirt werden, in den Wolken ebenfalls einen Regenbogen hervor, welcher den von der Sonne direct erzeugten Bogen durchschneidet. Wenn sich bei



Entstehung zweier Regenbogen.

beiden noch der zweite Bogen entwickelt, so gewähren die vier sich durchschneidenden farbigen Kreise ein sehr schönes Schauspiel. Monge führt ein Beispiel an, wo alle vier vollständig entwickelt waren; Halley beobachtete drei Bogen, deren einen die von einem Bache zurückgeworfenen Sonnenstrahlen bildeten. Derselbe durchschnitt den äußeren Bogen und theilte ihn in drei gleiche Abschnitte; als die Sonne tiefer sank, näherten sich die Durchschnittspunkte und fielen endlich zusammen. Da die Farben beider Bogen in umgekehrter Ordnung folgten, so entstand an der Stelle, wo die Bogen sich deckten, ein reines Weiß. Als die französische Academie der Wissenschaften im Jahre 1736 zum Zwecke einer Gradmessung eine Commission an den Polarkreis sendete, beobachteten die Mitglieder derselben auf dem Berge Kulima einen dreifachen Regenbogen, ähnlich dem von Halley be-

schriebenen. Bei dem niedrigsten stand das Violett unten, das Roth oben, wie gewöhnlich; es war dies der Hauptregenbogen. Der zweite lief dem ersten parallel und zeigte unten Roth, oben Violett; der dritte endlich ging von demselben Punkte des Horizontes aus, wie der erste, durchschnitt den zweiten und zeigte die Farben in derselben Reihenfolge, wie der Hauptbogen.

Da der Regenbogen durch die Brechung und Spiegelung der Lichtstrahlen in den fallenden Regentropfen hervorgerufen wird, so ist es klar, daß auch das

Dreifacher Regenbogen.

Mondlicht eine ähnliche wenn auch weniger glänzende Erscheinung veranlassen kann. Ein solcher Mondregenbogen wurde am 9. Mai 1865 um 10½ Uhr Abends in Compiegne beobachtet. Der fast volle Mond stand am Osthimmel in einer Höhe von 20 Grad, der Regenbogen spannte sich in großer Deutlichkeit über den Westhimmel aus. Man konnte nicht nur sämmtliche prismatischen Farben in ihrer gewöhnlichen Reihenfolge deutlich erkennen, sondern auch noch den zweiten, allerdings nur schwach gezeichneten Bogen wahrnehmen. Diese Erscheinung ist selten und wird nur hin und wieder in ihrer völligen Entwickelung beobachtet. Irriger Weise werden bisweilen die weißen oder farbigen Kreise, welche man häufig um

Digitized by Google

den Mond sieht und von denen später die Rede sein wird, als Mondregenbogen bezeichnet.

Der Regenbogen erscheint bisweilen bei vollkommen blauem Himmel, wie es beispielsweise am 4. Juli 1871 in Dieppe beobachtet wurde; die Farben waren matter und duftiger als bei dem gewöhnlichen Regenbogen. In solchen Fällen ist die Menge des fallenden Regens zu geringe, um das Blau des dahinter gelegenen Himmelsabschnittes zu trüben.

Bevor die Wissenschaft eine Erklärung dieser einfachen optischen Erscheinung gegeben hatte, galt dieselbe für ein himmlisches Vorzeichen; die Theologen des Mittelalters wollten in den drei Farben, welche sie in dem Regenbogen unterschieden, ein Symbol der Dreieinigkeit sehen; andere ließen nur zwei Hauptfarben des Bogens, Blau und Roth, gelten und erblickten in ihnen ein Abbild der beiden Naturen Christi ꝛc. Ein deutscher Mönch, Namens Theodorich, versuchte zuerst, diese Erscheinung durch die Zurückwerfung des Lichtes im Innern der Regentropfen zu erklären. Doch wurde die eigentliche Theorie erst von Descartes entwickelt, wobei die Zerlegung des Lichtes in farbige Strahlen noch unerörtert blieb, und erst Newtons Entdeckung über die verschiedene Brechbarkeit der einzelnen Strahlen führte zu der vollständigen Erklärung.

Außer dem Regenbogen, den wir oft genug beobachten, zeigen sich bisweilen der Sonne gegenüber eigenthümliche Erscheinungen, welche wohl zu unterscheiden sind von den weit häufiger auftretenden Höfen und Nebensonnen. Dieselben treten gewöhnlich bei Sonnenauf- oder Untergang in den Wolken und Nebeln hervor, welche der Sonne gegenüber liegen. Auf dem Gipfel eines hohen Berges sieht man oft den horizontal hingestreckten Schatten des Berges scharf abgezeichnet auf den in der Tiefe lagernden Nebelschichten oder auf benachbarten Bergen. So erscheint wenige Minuten nach Sonnenaufgang der Schatten des Rigi auf dem jenseits des Vierwaldstädter Sees gelegenen Pilatus, und zwar ist in demselben die dreieckige Gestalt des Berges ganz unverkennbar. Der Schatten des Mont Blanc ist besser beim Sonnenuntergang zu beobachten. Bei einer Besteigung des Berges sahen Bravais und Martins ihn unter sehr günstigen Umständen; er zeichnete sich scharf auf den mit Schnee bedeckten Bergen ab und erhob sich allmählig in die Luft, wo er bis zu der Höhe eines Grades sichtbar blieb. Die Luft oberhalb des Schattenkegels zeigte das lebhafte Roth, welches bei schönen Sonnenuntergängen die hohen Bergspitzen färbt. „Auch die Schatten der anderen Berge, sagt Bravais, erschienen in der Atmosphäre unten dunkel und schwach grünlich gefärbt, oben alle durch einen brennendrothen Gürtel von dem sanften Purpurroth des Himmels geschieden. Alle waren scharf gezeichnet, namentlich die Kämme, und liefen nach dem Gesetze der Perspective alle in dem Punkte zusammen, wo der Schatten von dem Gipfel des Mont Blanc erschien und wo sich also unsere eigenen Schatten

befinden mußten. Die eigenthümliche Schönheit dieser Erscheinung, welche sich vor uns auf einige Augenblicke entfaltete, läßt sich schwer beschreiben; ein unsichtbares Wesen schien auf einem mit Feuer umkränzten Sitze zu thronen, während Engel mit funkelnden Flügeln sich anbetend vor ihm niederwarfen."

Neben den gewöhnlichen und täglich sich wiederholenden optischen Phänomenen, welche ihrer Alltäglichkeit wegen unsere Aufmerksamkeit gar nicht mehr fesseln, lassen sich bisweilen Erscheinungen sehen, welche etwas Uebernatürliches und Spuckhaftes haben. Die Namen, mit denen man sie belegt, verrathen den Schrecken, den sie früher einflößten, und noch heute, wo die Wissenschaft sie ihres überirdischen Ursprunges entkleidet und die Art ihres Entstehens erklärt hat, bieten diese Phänomene für den Physiker ebensoviel Interesse, als früher, wo man sie als die unmittelbaren Gebilde des göttlichen Willens betrachtete. Eine der auffallendsten dieser Erscheinungen ist das sogenannte „Brockengespenst".

An den Brocken knüpfen sich seit uralter Zeit Sagen von Teufelsspuck und Hexenwerk. Als das Christenthum in die sächsischen Gaue eindrang und von den Franken mehr durch die Kraft des Schwertes, als durch die Gewalt des Wortes verbreitet wurde, da blieb das Harzgebirge und namentlich dieser 3300 Fuß hoch aufstrebende Berg noch lange der Ort, wo der Cultus der alten Götter gepflegt wurde. Ohne Zweifel haben diese im Geheimen abgehaltenen Opfer die Veranlassung zu den Sagen von Hexenversammlungen, denen der Teufel in höchst eigener Person präsidirte, gegeben und den Brocken oder Blocksberg zu dem auserwählten Berg des Gottseibeiuns gemacht. Diesem Aberglauben entsprechen die Namen des Hexentanzplatzes, des Hexenaltars, der Teufelskanzel ꝛc. Die in jedem Sommer hin und wieder beobachtete Erscheinung des Brockengespenstes, die für einen jeden, der sich dieselbe nicht zu erklären vermag, etwas Unheimliches hat, mag zu der Entstehung der Sagen von Teufelsspuck ebenfalls ihr gutes Theil beigetragen haben.

Ein Reisender, welcher den Brocken schon mehr als dreißig Mal bestiegen hatte, ohne dies sonderbare Phänomen zu erblicken, wurde am 23. Mai 1797 durch dasselbe in hohem Grade überrascht. Die Sonne erhob sich gegen vier Uhr Morgens bei klarem Himmel, nur im Westen jagte der Wind halbdurchsichtige Dünste vor sich her, welche sich noch nicht zu Wolken verdichtet hatten. Eine Viertelstunde später erblickte er in dieser Richtung eine menschliche Gestalt von gigantischer Größe. Da ein Windstoß ihm den Hut zu entführen drohte, so griff er nach demselben und sah die riesige Figur dieselbe Bewegung ausführen, und als er sich darauf bückte, that das Gespenst dasselbe. Als er seinen Reisebegleiter herbeirief und beide nach der Achtermanshöhe blickten, wo die Figur sich gezeigt hatte, war diese letztere verschwunden. Allein wenige Augenblicke darauf erschienen in dieser Richtung zwei gigantische Gestalten, welche alle Bewegungen der Reisenden nachahmten, aber bald verschwanden.

Im Sommer 1862 nahm der Maler Strohband die Gelegenheit wahr, von der Erscheinung (die beistehende) Zeichnung zu entwerfen. Er hatte in dem Brockenhause übernachtet, war schon um zwei Uhr aufgestanden und durchstreifte mit seinem Führer das Plateau des Berges. Sie hatten grade eine Erhöhung erstiegen, als die ersten Strahlen der aufgehenden Sonne die Gegenstände bis auf große Entfernungen hin erkennen ließen. „Mein Führer, sagt Strohband, welcher schon seit einiger Zeit aufmerksam nach allen Seiten ausspähte, zog mich plötzlich nach einem Felsenvorsprunge hin, von wo aus ich einige Augenblicke lang das Glück hatte, die sonderbare Erscheinung des sogenannten Brockengespenstes zu

Ring Ulloas.

beobachten. Der Anblick war im höchsten Grade überraschend. Eine dichte Nebelwand, die wie ein ungeheurer Vorhang aus den Wolken herabzuhängen schien, lagerte im Westen des Berges. Ein Regenbogen bildete sich und alsbald zeichneten sich einige unbestimmte Figuren auf der Wand ab. Zunächst erschien der große Thurm des Brockenhauses in riesigen Dimensionen, darauf unsere beiden Gestalten, die letzteren weniger scharfausgeprägt. Alle diese Schattenbilder wurden von dem bunten Regenbogen umschlossen, welcher diesem gespenstigen Bilde als Rahmen diente. Einige Reisende hatten von den Fenstern des Brockenhauses aus die Sonne aufgehen sehen, allein niemand von ihnen hatte das sonderbare Schauspiel wahrgenommen, welches sich an der anderen Seite des Berges darstellte.“ Bisweilen sind

Das Brockengespenst.

Digitized by Google

Digitized by Google

diese gespenstigen Gestalten von farbigen concentrischen Ringen umgeben, welche man gewöhnlich als „Kreise Ulloas“, hin und wieder auch als „weißer Regenbogen“ bezeichnet. Die letztere Benennung ist unglücklich gewählt, da der allerdings fast weiße äußere Ring nicht unter demselben Gesichtswinkel wie der Regenbogen erscheint, oftmals auch eine ganze Folge gefärbter Kreise einschließt. Ulloa befand sich mit sechs Reisegefährten bei Tagesanbruch auf dem Gipfel des Pambamarka. Die aufgehende Sonne zerstreute die dichten Nebel, welche auf dem Berge lagerten, so daß statt ihrer nur ein feiner kaum wahrnehmbarer Dunst zurückblieb. Plötzlich sah jeder der Reisenden in der Entfernung von etwa 100 Fuß gerade der Sonne gegenüber sein Bild in der Luft, als wenn es von einem Spiegel zurückgeworfen würde. Dasselbe stand im Mittelpunkte dreier buntfarbiger Kreise, welche sämmtlich von innen nach außen die Farben Roth, Orange, Gelb, Grün zeigten und von einem größeren weißen Ringe umschlossen wurden. Wenn der Beobachter seine Stellung wechselte, so bewegte sich auch das Bild und blieb von jenen Ringen wie von einer Glorie umzogen. Das Merkwürdigste war, daß obschon die sieben Reisenden alle nebeneinander standen, doch jeder nur seine eigene Figur und die entsprechenden Kreise, nicht aber die Gestalten der Andern sah, und deshalb geneigt war, die Wahrnehmungen der Uebrigen zu bezweifeln. Die Ringe wuchsen in dem Maße, als die Sonne höher stieg, wurden blasser und weniger scharf begrenzt und verschwanden allmählig. Anfangs waren sie elliptisch, zuletzt völlig kreisförmig. Scoresby hat diese Erscheinung in den Polargegenden oft wahrgenommen. Dort zeigt sie sich jedesmal, wenn die Sonne bei Gegenwart von Nebel scheint. Wenn in den Polargegenden eine nur niedrige Nebelschicht aus dem Meere emporsteigt, so sieht ein Beobachter von dem Maste des Schiffes aus einen oder mehrere Kreise auf dem Nebel. Dieselben sind concentrisch und zwar liegt ihr Mittelpunkt der Sonne gegenüber auf der geraden Linie, welche von der Sonne durch das Auge geht. Ihre Anzahl schwankt zwischen eins und fünf; sie sind am zahlreichsten und am lebhaftesten gefärbt, wenn die Sonne sehr hell leuchtet und die Nebelschicht nicht hoch, aber dicht ist. Am 23. Juli 1821 sah Scoresby vier concentrische Kreise das Haupt seines Schattenbildes umgeben; die Farben der beiden inneren waren sehr lebhaft, die des dritten nur theilweise sichtbar, der vierte endlich erschien nur als ein mattgrüner Streifen. Auch in den Alpen hat Kämptz dieselbe Erscheinung öfters beobachtet. Jedesmal wenn sich sein Schatten auf einer Wolke zeigte, war der Kopf von einer leuchtenden Aureole umgeben.

Bei Luftreisen hat man ebenfalls nicht selten Gelegenheit, diese farbigen Ringe zu beobachten. Wenn der Ballon durch die seitliche Luftströmung fortgetrieben wird, so sieht der Luftschiffer den Schatten entweder über die Erde oder über Wolkenschichten hineilen. Derselbe ist gewöhnlich dunkel wie jeder andere Schatten, bisweilen aber erscheint er farbig. Betrachtet man ihn alsdann vom

Ballon aus durch ein Fernrohr, so erkennt man in seiner Mitte einen dunklen Kern, welcher von einem farbigen Halbschatten umsäumt ist. Dieser letztere hat oft einen unverhältnißmäßig großen Durchmesser im Vergleich zu dem Kernschatten, so daß das bloße Auge diesen letzteren nicht mehr unterscheidet, sondern nur einen gelblichen kreisförmigen Nebel über das Grün der Wiesen hingleiten sieht. Der leuchtende Schatten tritt im Allgemeinen um so lebhafter hervor, je feuchter die Luft an der Erdoberfläche ist. Fällt dieser Schatten auf Wolken, so gewährt er oft einen eigenthümlichen Anblick. Flammarion sah öfters in dem Augenblick, wo sein Ballon sich über die Wolkendecke in die reine Luft erhob, in der Entfernung von 20—30 Meter einen zweiten grau gefärbten Ballon, der sich deutlich von den weißen Wolken abhob. Auch die kleinsten Ausrüstungsgegenstände der Gondel, Seile und Instrumente zeichneten sich scharf ab, und die gespenstigen Passagiere des schattenhaften Ballons wiederholten alle Bewegungen der Luftschiffer. Am 15. April 1868 sah er den Schatten des Ballons von concentrischen farbigen Ringen umgeben, in deren Mitte das Abbild der Gondel schwebte. Die drei inneren Ringe waren der Reihe nach blaßblau, gelblich und grauroth und wurden von einem vierten violetten Ringe umschlossen, welcher sich allmählig in das allgemeine Grau der Wolken verlor.

Was ist nun die Ursache dieser Erscheinung? Bouguer glaubte, daß sie durch die Brechung und Spiegelung der Lichtstrahlen in sehr kleinen Eisnadeln hervorgebracht werde, welcher Ansicht Saussure und Scoresby beistimmen. Flammarion ist anderer Meinung und glaubt hier eine der sogenannten Beugungserscheinungen zu erblicken.

Unter Diffraction oder Beugung des Lichtes versteht man die Veränderungen, welche ein Lichtstrahl erleidet, wenn er die Oberfläche eines Körpers streift. Von dem getroffenen Punkte aus verbreiten sich secundäre Lichtwellen, und das Licht erleidet eine Art von Zerstreuung und Zerlegung in farbige Strahlen. Hierbei entstehen in dem Schatten des Körpers höchst eigenthümliche Erscheinungen, welche zuerst von Grimaldi und Newton näher untersucht worden sind. Die auffälligsten Beugungserscheinungen gewähren die Gitter, eine Reihenfolge sehr enger Spalten, welche dicht neben einander liegen. Man erhält ein solches Gitter beispielsweise, wenn man mit einem Diamant auf einer Glasplatte parallele Linien in gleichen aber sehr geringen Abständen zieht; das Licht kann durch die Zwischenräume frei hindurchgehen, wird aber von den Streifen, wo das Glas seine Durchsichtigkeit verloren hat, zurückgehalten. Auch die Wimpern der fast geschlossenen Augenlider können ein ähnliches Gitter bilden. Blickt man durch ein Gitter nach einem Lichtstreifen, so sieht man eine Reihe von hellen Linien, deren jede die Regenbogenfarben zeigt.

Die Gitter können auch durch Reflexion wirken, und diesem Umstande ver-

danken die prächtigen Farben ihre Entstehung, welche man beobachtet, wenn man ein Lichtbündel auf eine spiegelnde in gleichen Abständen geritzte Metallfläche fallen läßt. Auch die lebhaften Farben, welche sich auf einer Perlmutterplatte im reflectirten Lichte zeigen, werden durch Gittererscheinungen hervorgerufen. Diese Substanz ist nämlich von blätteriger Structur, so daß man beim Bearbeiten eine Menge kleiner Blättchen durchschneidet, welche nun auf der Oberfläche ein richtiges Gitter bilden. In ähnlicher Weise erklärt sich das Irisiren mancher Federn und Spinnwebefäden. Diese letzteren sind trotz ihrer Feinheit nicht einfach, sondern bestehen aus einer großen Zahl sehr feiner aneinanderklebender Fädchen, welche eine Art Gitter bilden.

Flammarion glaubt nun, daß die in der Luft schwebenden Nebelbläschen die Gitter ersetzen und daß das von ihnen reflectirte Licht die Aureole hervorruft, welche oben als „Ulloas Ring" beschrieben ist. Man kann eine ganz ähnliche Erscheinung beobachten, wenn bei ganz niedrigem Sonnenstande der Schatten auf eine bethaute Wiese fällt. Der Kopf ist alsdann von einer farbigen Glorie umgeben, deren Glanz von dem Mittelpunkt aus rasch abnimmt. Das Licht wird von den feinen Hälmchen, welche hier gitterartig wirken, zurückgeworfen und ruft nur in der Nähe des Kopfes eine Lichterscheinung hervor, weil die hier befindlichen Halme dem Beobachter ihre erleuchtete Seite zuwenden, während die weiter entfernten nur theilweise dieser Bedingung entsprechen.

## Drittes Capitel.

# Höfe und Nebensonnen.

Wir gelangen jetzt bei diesem Rundblick über die optischen Erscheinungen in der Atmosphäre zu einer der eigenthümlichsten und complicirtesten Wirkungen von der Reflexion des Lichtes in der Luft. Man bezeichnet als Hof einen leuchtenden Kreis, welcher bisweilen in einer Entfernung von 22 oder 46 Grad die Sonne umgiebt, und als Nebensonnen leuchtende, gewöhnlich roth, gelblich oder grünlich gefärbte Flecken, welche sich zu beiden Seiten der Sonne ebenfalls in der Entfernung von 22 Grad zeigen und eine allerdings nur schwache Aehnlichkeit mit der Sonne selbst besitzen. Dieselben Erscheinungen können auch bei dem Monde auftreten, und man kann sie hier weit bequemer beobachten, da das sanfte Licht des Mondes es gestattet, die Umgebung des Gestirns längere Zeit ohne Unbequemlichkeit für das Auge zu beobachten. Nebensonnen und Nebenmonde unterscheiden sich nur durch ihre verschiedene Helligkeit, entsprechend dem Glanze des Gestirns, welches sie hervorruft, wie auch der Mondregenbogen sich nur durch den geringeren Glanz von dem gewöhnlichen Regenbogen unterscheidet. Außer den Höfen und Nebensonnen können sich am Himmel noch andere Kreise, Streifen oder leuchtende Flecken bilden, welche in mehr oder minder hellem Glanze als Begleiter der Höfe auftreten. Uebrigens zeigt sich die Erscheinung weit häufiger, als man gewöhnlich annimmt. Im Allgemeinen bilden sich bei uns im Laufe eines Jahres etwa 50 Höfe, wenn man die nicht ganz entwickelten mitzählt; in den nördlicheren Gegenden ist die Zahl noch größer.

Wenn man einen Sonnenstrahl auf ein dreiseitiges Glasprisma fallen läßt, so wird bekanntlich ein Theil des Lichtes von den glatten Flächen wie von einem Spiegel zurückgeworfen, während ein anderer Theil in das Innere eindringt, von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt wird und als farbiges Strahlenbüschel

das Prisma verläßt. Auf diese Thatsache hat Fraunhofer eine Erklärung der vorliegenden Erscheinung gegründet. Er wies nach, daß wenn kleine Eisnadeln, welche die Gestalt dreiseitiger Prismen besitzen, in der Luft schweben, sich ein leuchtender Kreis in der Entfernung von 22 Grad rund um die Sonne bilden muß. Diejenigen Prismen, deren Axen vertikal gerichtet sind, erzeugen die Nebensonnen. Dagegen entstehen die leuchtenden Bogen, welche den Hof berühren, sowie der große Hof mit einem Halbmesser von 46 Grad und der horizontale Kreis, welcher durch die Sonne geht und bisweilen fast den ganzen Himmel umzieht, durch die Brechung und Spiegelung des Lichtes in horizontal gelagerten Prismen. Die neuesten Untersuchungen von Bravais bestätigen Fraunhofers Ansicht und führen zu folgenden Resultaten.

Wenn ein Hof sich um die Sonne bildet, so zeigen sich gewöhnlich die kleinen Federwolken, von denen später die Rede sein wird, und zwar scheint sich das Phänomen auf ihnen abzuzeichnen. Sehr oft sind die Federwölkchen so mit einander verschmolzen, daß das Auge die Umrisse der einzelnen nicht unterscheiden kann. Alsdann umzieht ein weißlicher Dunst den ganzen Himmel, namentlich die Gegend in der Nähe der Sonne. Das Blau des Himmels ist verschwunden und durch eine milchartige Färbung ersetzt, deren Glanz dem Auge oft unerträglich ist. Aber diese durcheinander gewirrten Schneewolken, die in sehr beträchtlichen Höhen schweben, sind so weit von uns entfernt, daß es schwer hält, sich über ihre wahre Natur auszusprechen. Damit der Hof sich bilde, müssen noch folgende Bedingungen erfüllt sein. Das Gewölk muß eine gewisse Dicke besitzen; ist es zu dünn, so bildet sich der Hof gar nicht, ist es zu dick, so wird das Licht zu sehr geschwächt. Ferner muß das Wasser der Schneekrystalle langsam fest geworden sein, da bei einer schnellen und deshalb unregelmäßigen Krystallisation die Eisnadeln ihre Durchsichtigkeit verlieren und sich nicht gleichförmig ausbilden. Die einfachste Form der Schnee- und Eisnadeln ist ein gerades Prisma mit einem regulären Sechseck als Grundfläche. Indessen zeigt sich diese einfachste Form nur selten unter den zur Erde fallenden Schneeflocken, da der ursprüngliche Krystall beim Herabfallen in den unteren Luftschichten den Wasserdampf an seinen Flächen condensirt und zum Gefrieren bringt, so daß die Producte dieser neuen Krystallisation sich um den ursprünglichen Kern herumlagern.

Die Höfe und alle verwandten Erscheinungen lassen sich nun erklären, wenn man annimmt, daß kleine Eiskrystalle von der ursprünglichen Form langsam in der ruhigen Luft herabsinken. Die verschiedene Anordnung der Prismen bewirkt dabei, daß die Erscheinung in verschiedenen Gestalten auftritt. Die Axen der Krystalle können entweder vertikal stehen, oder horizontal liegen, oder keine dieser beiden Lagen einnehmen. In dem letzten Falle entsteht durch die Brechung des Lichtes in den Eisnadeln rund um die Sonne ein gefärbter Kreis, welcher etwa

22 Grad von dem Gestirn entfernt ist. Ein solcher Kreis um Sonne oder Mond wird der gewöhnliche Hof genannt. An der Innenseite ist er deutlich roth gefärbt, die dann folgenden Farben orange, gelb und grün sind noch zu erkennen, erscheinen aber nur verschwommen, so daß das Roth um so lebhafter hervortritt. Die Farben sind niemals rein, vielmehr erscheint der Hof meistens als ein zwei bis drei Grad breiter glänzender Ring, der auf der inneren Seite schmutzig roth gefärbt ist und eine kreisförmige dunkle Zone mit der Sonne als Mittelpunkt umschließt. In Folge einer bekannten optischen Täuschung ist man geneigt, dem Hofe eine elliptische Gestalt zuzuschreiben, indem der senkrechte Durchmesser größer erscheint, als der horizontale; in Wirklichkeit sind beide Durchmesser gleich, wovon man sich durch Messungen überzeugen kann. Bei hohem Stande der Sonne oder des Mondes erscheint überhaupt der Hof kleiner, als bei niedrigem Stande, ähnlich wie der Mond in der Höhe kleiner zu sein scheint, als in der Nähe des Horizontes.

Außer dem gewöhnlichen Hofe erblickt man bisweilen noch einen zweiten, dessen Durchmesser etwa doppelt so groß ist. Er verdankt seine Entstehung der Brechung des Lichtes in horizontal gelagerten Prismen. Auch bei ihm ist die nach innen gewendete Seite roth, die Mitte gelblich, die übrigen Farben sind auch hier verwaschen. Der äußere Rand erscheint weißlich und ist nicht scharf abgegrenzt, sondern geht allmählig in das allgemeine Weiß der Atmosphäre über.

Wenn die Sonnenstrahlen bei dem Durchgang durch zwei Seitenflächen vertikal gestellter Eisnadeln gebrochen werden, so entstehen zwei Nebensonnen zu beiden Seiten der Sonne, welche mit der letzteren in gleicher Höhe liegen. Steht die Sonne in der Nähe des Horizontes, so sind diese beiden hellen Flecken gerade um 22 Grad, d. h. ebenso weit wie der Hof von der Sonne entfernt. Wenn daher beide Erscheinungen gleichzeitig auftreten, so liegen die Nebensonnen auf dem Hofe und gleichen hellen Scheiben von dem Durchmesser der Sonne. Ihre Farben sind weit reiner, als die des Hofes; das Roth, Gelb und auch das Grün sind sehr deutlich, das Blau verwaschen und kaum sichtbar, während das Violett zu matt ist, um noch wahrgenommen zu werden. Sehr oft geht von ihnen nach der der Sonne abgewendeten Seite ein weißer Lichtschweif aus, der dem Horizont parallel ist und eine Länge von zehn bis zwanzig Grad erreichen kann. Steigt die Sonne höher, so lösen sich die Nebensonnen von dem Hofe ab und entfernen sich mehr von der Sonne, sind aber von dem Hofe erst vollständig getrennt, wenn die Sonne eine Höhe von 20—30 Grad erreicht hat. Sie können sich gar nicht mehr bilden, sobald die Sonnenhöhe 60 Grad und darüber beträgt.

Die Nebensonnen leuchten bisweilen in einem so intensiven Glanze, daß man ihr Licht fast mit dem der Sonne vergleichen kann; in diesem Falle kann jede der beiden Nebensonnen ihrerseits ein ähnliches Schauspiel hervorbringen und secundaire Nebensonnen entstehen lassen.

Geht das Licht durch eine Seitenfläche und die Grundfläche eines senkrecht gestellten Prismas, so bildet sich in einer gewissen Entfernung von der Sonne ein weiter Lichtring, welcher das Zenith umschließt und deshalb Circumzenithalring genannt wird. Derselbe ist die glänzendste aller der Erscheinungen, welche die Höfe begleiten können. Die Farben sind vollständig ausgeprägt, die Ränder scharf begrenzt, so daß die ganze Erscheinung vollkommen einem Regenbogen gleicht. Der äußere Rand ist roth, der innere violett, die Breite des Ringes kommt der des Regenbogens gleich, erscheint aber geringer in Folge der optischen Täuschung, welche uns alle Winkel in der Nähe des Zeniths kleiner erblicken läßt, als sie wirklich sind. Wenn sich gleichzeitig der große Hof zeigt, so scheint der Circum-

In Norwegen beobachteter Sonnenhof.

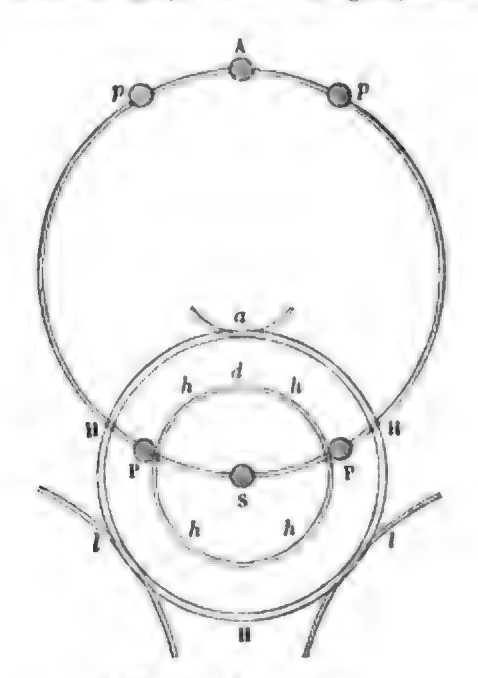
zenithalkreis den höchsten Punkt des Hofes zu berühren, so daß sein nach Außen gewendetes Roth das nach innen liegende Roth des Hofes deckt, Orange mit Orange und so fort alle Farben des Ringes mit den entsprechenden des Hofes zusammenfallen. Bisweilen zeigt sich der Circumzenithalkreis ohne den großen Hof, wie auch die Nebensonnen ohne den kleinen Hof erscheinen können. Aus allen Beobachtungen ergiebt sich, daß er sich nur bildet, wenn die Sonne niedriger als zwölf oder höher als 31 Grad steht.

Die rechtwinklig herabsinkenden Prismen können auch die Sonnenstrahlen reflectiren und so einen großen Lichtkreis bilden, welcher dem Horizonte parallel läuft, durch den Mittelpunkt der Sonne selbst geht und oft den ganzen Himmel umzieht. Da das Sonnenlicht durch die Spiegelung nicht in farbige Strahlen zerlegt wird, so muß dieser Kreis vollständig weiß erscheinen und seine Breite gleich dem Durchmesser der Sonne sein. Dieser weiße Kreis wird der Neben-

sonnenkreis genannt, da auf ihm sowohl die gewöhnlichen als auch die secundairen Nebensonnen liegen.

Die Eisprismen endlich, deren Axen horizontal liegen, können durch Spiegelung und Brechung in der vorhinbeschriebenen Weise Kreise erzeugen, welche den Hof an beiden Seiten berühren.

Die Abbildung stellt die Erscheinung in ihrer ganzen Entwickelung dar, wie sie Bravais in Norwegen beobachtet hat; die Skizze deutet die einzelnen Bogen und Nebensonnen so an, als ob Alles in einer Ebene gesehen würde. Der Hof von 22 Grad Durchmesser hhh umzieht die Sonne S und wird von dem größeren, etwa doppelt so breiten Hofe HHHH eingeschlossen. Den Kreis SPAHP

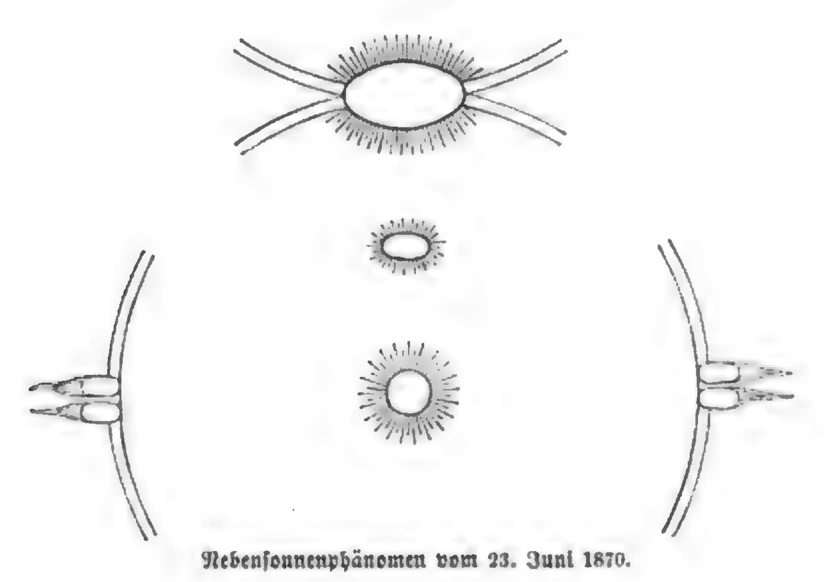



Skizze des Sonnenhofes.

muß man sich horizontal um den ganzen Himmel herumgezogen denken, so daß er durch die Sonne geht. An den Punkten P und P, wo er den inneren Hof durchschneidet, erscheinen zwei Nebensonnen, welche das Roth nach innen wenden und auf der der Sonne abgewendeten Seite kometenartige Schweife zeigen. Im Rücken des Beobachters liegen auf diesem Nebensonnenkreise in p, A und p die Abbilder der Sonne und der beiden Nebensonnen. Ueber dem äußeren Hofe liegt ein lebhaft gefärbter Bogen des Circumzenithalkreises, dessen convexe Seite der Sonne zugewendet ist. Endlich wird der äußere Hof seitwärts durch zwei Kreise berührt, welche die Farben des Regenbogens zeigen. Es ist dies der vollständigste Sonnenhof, der jemals von einem Physiker beobachtet worden ist.

Obwohl nun die Erscheinung sich selten in solcher Vollständigkeit entwickelt, so tritt doch der gewöhnliche Hof oft genug auf und zeigt sich im mittleren Eu-

ropa etwa 50 mal in jedem Jahre. Am 23. Juni 1870 wurde in England das Nebensonnenphänomen in einer auffallenden Gestalt beobachtet. Oberhalb der Sonne erschien in einer Entfernung von 22 Grad ein ungefärbtes und nur mattes Bild der Sonne; in 46 Grad Entfernung zeigte sich der große Hof und auf ihm zwei doppelte Nebensonnen, deren prismatische Farben sehr lebhaft glänzten. Sie waren oval und von jeder ging eine Art leuchtenden Schweifes in der der Sonne abgewendeten Richtung aus. Am höchsten Punkte des großen Hofes sah man eine mächtige Nebensonne, die sehr schön gefärbt war und einen so starken Glanz entwickelte, daß das Auge denselben kaum ertragen konnte. Die ganze Erscheinung blieb während 20 Minuten unverändert, worauf sie verblaßte und verschwand.



Nebensonnenphänomen vom 23. Juni 1870.

Ein anderer Sonnenhof, welcher am 30. August 1866 in Angers beobachtet wurde, bot ebenfalls einige Eigenthümlichkeiten, welche sich nur selten zeigen. Der Hof war nicht ganz entwickelt, vielmehr bildete der sichtbare Bogen, dessen Durchmesser 46 Grad betrug, nur zwei Drittheile des Kreisumfanges. Er hatte eine Breite von mehr als vier Grad, war glänzend weiß und zeigte keine Spur von Regenbogenfarben. Während bei den meisten Höfen der innere Rand scharf begrenzt, der äußere verwaschen ist, war hier gerade umgekehrt der äußere Rand scharf abgezeichnet und der innere undeutlich begrenzt. Die Sonne glich einer weißen elliptischen Scheibe, indem der horizontale Durchmesser sehr in die Länge gezogen war, so daß es schien, als ob sich der Nebensonnenkreis bilden wolle, der indessen nicht sichtbar wurde. Der Himmel war in der Nachbarschaft der Sonne nebelig, im Westen klar, wenn auch mit leichtem weißem Dunst bedeckt und mit Federwolken übersäet. Diese letzteren bildeten den allgemeinen Hintergrund, auf welchem das Phänomen sich abzeichnete. Der höher gelegene Theil des Westhimmels

wurde durch eine dunkle Streifwolke bedeckt, welche den Hof durchbrach und sich weit nach Osten erstreckte, während sich über ihr bis zum Zenith hinauf zahlreiche Haufwolken angesammelt hatten. An den Rändern des Hofes zeigten sich keinerlei Farben, dagegen war der von ihm umschlossene Raum eigenthümlich mattblau gefärbt und gegen den Hof hin röthlich schattirt. Während der Hof gewöhnlich als ein ebener Kreis erscheint, glich er hier einem wulstigen Ringe, ja es zeigte sich in ihm eine drehende Bewegung, indem die äußeren Theile nach innen zu rollen schienen. Außerdem traten aus ihm weiße, divergirende Lichtlinien hervor und bildeten eine Art Strahlenkrone, welche fast so breit war, als der Hof selbst. Der Tag war sehr warm gewesen im Vergleich zu dem vorigen, in der folgenden Nacht regnete es stark, wie gewöhnlich nach der Erscheinung eines großen Hofes.

Decharme in Angers, welcher dem Nebensonnenphänomen besondere Aufmerksamkeit zugewendet hat, ist zu folgenden Resultaten in Bezug auf die Häufigkeit der Erscheinung gekommen. Der große Hof von 46 Grad Durchmesser, welchen er den außergewöhnlichen nennt, bildet sich in unseren Breiten nur selten; dagegen zeigt sich der gewöhnliche Hof von 22 Grad Durchmesser ziemlich oft, weniger häufig die sogenannten Sonnen- und Mondglorien, welche einen veränderlichen Durchmesser besitzen und die Farben in umgekehrter Reihenfolge zeigen, nämlich das Roth auswendig und das Blau inwendig. Vom 30. August 1866 bis zum 30. August 1867 beobachtete er zwei außergewöhnliche und 27 gewöhnliche Höfe, daneben vier Sonnen- und Mondglorien, so daß auf den Monat durchschnittlich 2—3 solcher Erscheinungen kommen. Meistens deuten sie Regen oder kalte Witterung an, und wir werden später, wenn wir von den Wetteranzeigen handeln, auf diese Erscheinungen zurückkommen.

Außer den Höfen und Nebensonnen zeigen sich bisweilen noch andere optische Erscheinungen in der Atmosphäre, welche mit den besprochenen mehr oder weniger verwandt sind. Die weißen Lichtsäulen und die Kreuze, welche bisweilen beim Auf- oder Untergang der Sonne erscheinen, entstehen dadurch, daß die Lichtstrahlen von einer Schicht kleiner Eiskrystalle, welche hoch in der Luft schweben, zurückgeworfen werden. Wenn sich irgend ein leuchtender Gegenstand, die Sonne, der Mond oder die Flamme eines Lichtes in einer leichtbewegten Wasserfläche spiegelt, so erscheint bekanntlich das Bild sehr in die Länge gezogen: die kleinen Unebenheiten der Wasserfläche bilden kleine spiegelnde Flächen, die sich unter dem Einfluß der schaukelnden Bewegung nach allen möglichen Richtungen wenden. Genau dasselbe findet in einem Gewölke, das aus Eiskrystallen besteht, statt. Die kleinen spiegelnden Flächen der Eisprismen neigen sich unaufhörlich nach den verschiedensten Richtungen. Das entstandene Bild muß daher ebenfalls sehr in die Länge gezogen erscheinen und sein oberer Theil kann beim Auf- oder Untergang der Sonne sich um mehrere Grade über den Horizont erheben. So entstehen die weißen Säulen,

welche sich bisweilen bei Sonnenuntergang bilden und sich immer höher erstrecken, je tiefer das Gestirn sinkt.

Am 20. April 1847 wurden in Paris vor Sonnenuntergang vier Lichtsäulen beobachtet, welche sich etwa 15 Grad weit erstreckten und ein Kreuz bildeten, in dessen Mitte die Sonne stand; die obere dieser Säulen blieb auch nach Sonnenuntergang noch eine Zeit lang sichtbar.

Die Grundfläche der Säulen ist bisweilen so breit, daß sie einen wunderlichen Anblick bieten. So wurde in Laon im September 1816 beim Aufgang der Sonne

Lichtkreuz.

statt der gewöhnlichen Lichtsäule ein leuchtender Fleck, der einem dreieckigen Hute glich, beobachtet. „Seht ihr wohl, sagten die Landleute, daß Napoleon zurückkommen wird, die Sonne zeigt uns schon seinen Hut.“ Wenn die Sonne dem Horizonte nahe ist, so dehnt sich die nach oben gerichtete Säule oft sehr weit aus. So beobachtete Lohrman in Dohna bei Dresden am 8. Juni 1824, gleich nachdem die Sonne hinter den Bergen versunken war, einen leuchtenden Streifen, der den Dämmerungsbogen senkrecht durchschnitt und fast dem Schweife eines Kometen glich. Er erstreckte sich 30 Grad weit und war etwa einen Grad breit. Seltener sieht man einen solchen Streifen unterhalb der Sonne oder des Mondes, noch

seltener bildet sich gleichzeitig ein horizontaler Streifen, der durch die Sonne geht, so daß diese letztere im Mittelpunkte eines Kreuzes steht. Diese letztere Erscheinung wurde am 2. Januar 1586 von Roth in Cassel beobachtet. Bevor die Sonne aufging, zeigte sich an dem Punkte des Horizontes, wo sie erscheinen mußte, eine senkrechte, leuchtende Säule von dem Durchmesser der Sonne, welche einer Flamme glich und überall denselben Glanz entwickelte. Alsbald erschien ein Spiegelbild der Sonne von solchem Glanze, daß man es für die Sonne selbst hielt; doch kaum hatte die Nebensonne den Horizont verlassen, als sich das Tages-

Reflectionserscheinung vom September 1816.

gestirn erhob. Unterhalb desselben bildete sich dieselbe Erscheinung wie oberhalb, eine Nebensonne mit einem abwärts gerichteten Lichtstreifen. Die drei Sonnen glichen einander auf das Vollständigste, nur glänzte die wahre in hellerem Lichte. Die Erscheinung währte fast eine Stunde.

Die senkrechten Lichtsäulen, welche durch den Mittelpunkt des Gestirns gehen und sich symmetrisch ober- und unterhalb desselben erstrecken, rücken mit ihm bei der scheinbaren Bewegung von Ost nach West fort. Sie bilden sich niemals, wenn die Sonne eine größere Höhe als 25 Grad erreicht hat. Beim Monde werden sie häufiger als bei der Sonne beobachtet, was wohl nur darin seinen

Digitized by Google

Grund hat, daß das so sehr helle Licht der letzteren keinen andern Lichtschein in ihrer Nähe hervortreten läßt. Dagegen zeigen sich die Lichtsäulen am Horizonte häufiger bei der Sonne, als beim Monde, da nach dem Untergange der Sonne sich das Phänomen von einem nur unvollständig erleuchteten Hintergrunde abhebt.

Tritt nun neben dem senkrechten Lichtstreifen, der durch den Mittelpunkt des Gestirns geht, noch der oben besprochene Nebensonnenkreis auf, so erscheint ein Sonnen- oder Mondkreuz, welches man öfters beobachtet, auch wenn der Hof von 22 Grad nicht sichtbar ist. Bisweilen sind die Arme des Kreuzes gleich lang, gewöhnlich aber sind die horizontalen Arme weit länger als die vertikalen. Alle diese Erscheinungen zeigen sich vorzugsweise in den arctischen Gegenden, wo nament-

Die Sonne im Spiegel einer Wolkenschicht.

lich während der langen Winterzeit die Luft mit Schnee- und Eiskrystallen erfüllt ist.

Betrachten wir nun noch die Glorien oder Kronen, welche sich bisweilen um Sonne und Mond bilden, wenn die Luft nicht ganz rein ist, und kleine Tröpfchen oder dünne Wolken vor diesen Gestirnen vorüberziehen. Sie verdanken ihren Ursprung nicht der Brechung, sondern der Beugung des Lichtes. Das Roth ist nach außen, das Violett nach innen gewendet, wie bei dem Regenbogen, und ihre Farben folgen sich daher in umgekehrter Ordnung wie bei den Höfen. Ihr Durchmesser hat nicht immer dieselbe Größe, sondern schwankt zwischen einem und vier Graden und ist von der Größe der Tröpfchen oder Dunstbläschen abhängig, welche sich zwischen dem Beobachter und dem Gestirn befinden. Neben dem letz-

teren erscheint Blau mit Weiß untermischt, dann folgt ein rother Kreis und hierauf andere gefärbte Kreise, das Ganze erinnert an die Newtonschen Farbenringe. Das Phänomen bildet sich nur dann, wenn unter den Wassertröpfchen und Bläschen, welche es hervorbringen, sich viele mit gleichem Durchmesser befinden, und zwar muß derselbe weit größer sein, als bei den übrigen; wären alle Durchmesser ungleich, so würde die Erscheinung nicht eintreten. Einen ganz ähnlichen Anblick hat man, wenn man einen leuchtenden Gegenstand, z. B. eine Flamme durch eine Glasplatte, die mit Bärlappsamen bestreut ist, betrachtet; in geringerem

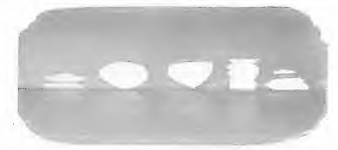
Mondkrone.

Grade wird die Erscheinung schon sichtbar, wenn man das Glas durch Behauchen mit einer Schicht von kleinen Wassertröpfchen bedeckt.

Ein anderes auffälliges Phänomen wurde am 9. Juli 1853 von Abbadie und Götze in Urugne beobachtet. Abbadie beschreibt dasselbe folgendermaßen. „Am 9. Juli um 8 Uhr 25 Minuten machte Herr Götze mich auf eine große Zahl rother Flecken aufmerksam, welche in den Wolken dicht oberhalb des Horizontes sichtbar waren. Wir befanden uns in einem Zimmer, welches 42 Meter oberhalb des Meeresspiegels lag. Der Himmel war ganz bedeckt und nur am Horizonte herrschte eine ungewisse Helle. Diese rothen Scheiben, welche eben so vielen Sonnen glichen,

Digitized by Google

waren in einer dem Horizonte fast parallelen Linie angeordnet; anfangs zählte ich 17, welche fast genau gleich weit von einander entfernt waren, und zwei, welche beträchtlich weiter nach Süden gerückt waren. Ich wollte eine Zeichnung von dem Phänomen entwerfen, allein kaum hatte ich hiermit begonnen, als die Erscheinung ihren Anblick veränderte. Die Mehrzahl der anfangs runden Scheiben hatte eine eckige Gestalt angenommen, zwei waren ganz verblaßt. Sobald sie anfingen, ihre Gestalt zu verändern, sprühten sie eine Art von Flammengarbe nach dem Horizont hin, welche den Strahlen glich, die bisweilen beim Sonnenuntergange die Wolken durchbrechen. Obwohl die Erscheinung sich fortwährend veränderte, so wollten wir doch einige genauere Messungen vornehmen und gingen deshalb auf die benachbarte Wiese, wo wir als Signalpunkt eine Lampe aufstellten und die betreffenden Winkel mit Hülfe eines Sextanten maßen. Die einzel-



Verzerrungen der Sonne durch die Brechung.

nen Scheiben verloren nun allmählig an Glanz und lösten sich meistens in lange horizontale Streifen auf. Das Tageslicht erlosch um 8 Uhr 50 Minuten. Sofort erschien ein kleiner leuchtender Kreis und verschwand wieder nach zwei Minuten. Hierauf bildeten sich vier andere Lichtscheiben, und während eine der älteren erlosch, erschien eine neue im Süden. Die nach Norden gelegenen verblaßten und erloschen um 9 Uhr 2 Minuten. Endlich um 9 Uhr 18 Minuten verschwand auch die Scheibe im Süden und von dem ganzen Phänomen blieb nur ein schwach röthlicher Hauch im Norden, wie man ihn oft nach Sonnenuntergang an dem bewölkten Himmel wahrnimmt. Die ganze Erscheinung fand zur Zeit der Dämmerung statt und erklärt sich dadurch, daß sich Lücken zwischen den Wolken befanden, durch welche die Strahlen der bereits untergegangenen Sonne hindurchdrangen und einzelne Wolkenpartbien erleuchteten."

Bei diesen verschiedenen Erscheinungen, welche der Brechung und der Spiegelung des Lichtes ihren Ursprung verdanken, müssen wir noch die Verzerrungen

Digitized by Google

erwähnen, welche die Sonne bisweilen erleidet, wenn sie in der Nähe des Horizontes steht, und welche sie oft unter den sonderbarsten Gestalten erscheinen läßt, wenn die unteren von den Strahlen durchlaufenen Schichten eine sehr ungleiche Dichtigkeit besitzen und deshalb die Strahlen unregelmäßig brechen. Die Zeichnung stellt einige solcher auffallenden Verzerrungen dar, wie sie Biot und Mathieu am Strande zu Dünkirchen beobachtet haben. —

Alle diese Licht-Erscheinungen waren den Alten bekannt. „Bisweilen, sagt Plinius, sieht man mehrere Sonnen zu beiden Seiten des Gestirns, niemals darüber oder darunter. Unsere Väter sahen drei Sonnen unter dem Consulate des Mucius und Posthumus, des Marcius und Porcius, des Antonius und Dolabella und unter der Herrschaft des Claudius." Wenn die Alten diese Erscheinungen auch als Sonnen bezeichneten, so waren sie sich doch wohl bewußt, daß diese Aehnlichkeit mit dem Tagesgestirn sich auf die Gestalt beschränkte und daß jene Abbilder „hinfällig und kraftlos" seien, wie Seneca sagt, und keine Wärme ausstrahlten.

Unter allen optischen Erscheinungen in der Atmosphäre haben die Höfe, Nebensonnen und die ihnen verwandten Phänomene von jeher das Volk am meisten in Erstaunen gesetzt und lange Zeit hindurch den hervorragendsten Platz in den Aufzeichnungen einer nach Wundern haschenden Witterungskunde eingenommen. Der ungewohnte Anblick erregte gerade so wie große Sternschnuppenregen oder auffallende Luftspiegelungen das Staunen und den Schrecken der Menschen, welche sich in ihrem einfältigen Sinne die Gottheit unter der Gestalt eines mächtigen in den Wolken thronenden Herrschers darstellten und in diesen Phänomenen ebensoviele Vorzeichen sahen, in denen die Gottheit ihr Wohlgefallen oder ihren Zorn kundgab. Manche Kritiker des vorigen und des jetzigen Jahrhunderts haben die aus dem Mittelalter stammenden Berichte von wunderbaren Himmelserscheinungen einfach für Lügen erklärt. Ohne Zweifel ist dies Urtheil zu hart, und wir dürfen wohl annehmen, daß die Erzähler unter der Einwirkung des Schreckens unwillkürlich die Thatsachen übertrieben und entstellt haben. Manche solcher angeblichen Wunderzeichen lassen sich zwar auch heute noch nicht erklären, die bei weitem größte Zahl aber gehört in die Classe der eben beschriebenen Erscheinungen.

Es ist interessant, einige derselben näher zu betrachten. Unter allen hierhergehörigen Erscheinungen hat wohl keine größere Berühmtheit in der christlichen Welt erlangt, als die bekannte Kreuzerscheinung Constantins. Als derselbe gegen den Maxentius zu der Entscheidungsschlacht „am rothen Stein" heranzog, erblickte das Heer am Himmel ein leuchtendes Kreuz, welches die Blicke vieler Tausende auf sich zog. Die alten Schriftsteller sprechen sich über die Erscheinung in meteorologischer Beziehung nicht weiter aus, doch bemerken sie, daß der Himmel mit einem grauen Schleier bedeckt war und daß bald hernach regnerische Witterung

eintrat, d. h. daß also gerade die Bedingungen erfüllt waren, die zur Bildung eines Hofes erforderlich sind. Wir können die Wirklichkeit der Erscheinung vollkommen zugeben, müssen aber ihren übernatürlichen Charakter bestreiten. Begreiflicherweise mußte sie auf Constantin, der damit umging, das Christenthum zur Staatsreligion zu erheben, einen tiefen Eindruck machen und ihm als ein von Gott gesandtes Zeichen erscheinen. In der darauffolgenden Nacht sah er im Traume das Kreuz abermals und ein Engel befahl ihm, dasselbe zum Fahnenzeichen zu wählen. Unerklärt für uns bleibt die Inschrift, welche Constantin auf dem leuchtenden Kreuze gesehen haben soll: ἐν τούτῳ νίκη (in hoc signo vinces); glaubte er diese Inschrift wirklich im Augenblicke der Erscheinung zu sehen, oder ist sie später hinzugedichtet worden? Das letztere wird wohl der Fall gewesen sein, obschon Zonares eine noch weit sonderbarere Erscheinung berichtet, wenn er erzählt, daß am Abend vor dem Tode Julians des Abtrünnigen eine Schaar von Sternen sich zu den Worten: „Heute wird Julian von den Persern getödtet", anordnete!

Es mögen hier noch einzelne ähnliche Erscheinungen aufgezählt werden, welche die Berichterstatter bald als Vorboten kommenden Unheils, bald als glückverheißende Anzeichen betrachteten.

Im Jahre 636 nach der Gründung Roms während des Jugurthinischen Krieges und kurz vor dem Einfall der Cimbern und Teutonen sah man in Rom drei Sonnen. Im Jahre 580, nicht lange vor dem Ausbruch des Krieges gegen den Perseus, erschienen über dem Saturnstempel bei klarem Himmel drei Sonnen und ein Regenbogen. Als im Jahre 710 Octavian seinen Einzug in Rom hielt, war die Sonne von einem glänzenden Kreise, der einem Regenbogen glich, umgeben, während der Himmel heiter war. Es ist in diesen beiden letzten Fällen schwer festzustellen, ob der Himmel wirklich klar war; vielleicht haben die Berichterstatter nur sagen wollen, daß es nicht geregnet habe. In demselben Jahre erschienen drei Sonnen, deren untere von einem glänzenden Strahlenkranze umgeben war. Die eigentliche Sonne hatte lange Zeit hindurch nur ein bleiches und mattes Licht, welcher Umstand die Anwesenheit von vielem Wasserdampf in der Luft anzeigt.

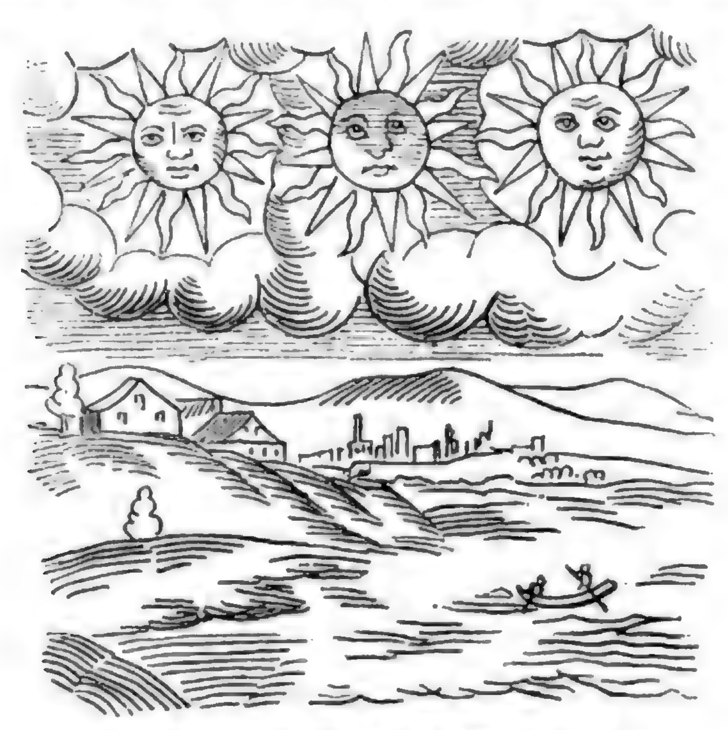
Die Annalen melden, daß im Jahre 1118 unserer Zeitrechnung unter dem König Heinrich II. in England zwei volle Monde gesehen wurden, der eine im Osten, der andere im Westen. In demselben Jahre besiegte der König seinen Bruder Robert von der Normandie und eroberte dies Land. Im Jahre 1156 erschienen drei Kreise rund um die Sonne, nach deren Verschwinden sich zwei Nebensonnen zeigten; diese Erscheinung sollte den unheilvollen Streit des Königs mit dem Erzbischof Thomas Becket vorherverkündigen. Im folgenden Jahre sah man wieder drei Sonnen und ein weißes Kreuz um den Mond; zu derselben Zeit herrschte arger Zwist unter den zur Papstwahl versammelten Cardinälen.

Am 21. April 1551 wurden drei Sonnen und drei Regenbogen in Magdeburg gesehen. Dies Phänomen soll den Kaiser Karl V. bewogen haben, die Belagerung jener Stadt, welche seit 15 Monaten von Moritz von Sachsen und Albrecht von Brandenburg bedrängt wurde, aufzuheben.

1120 erschien mitten in den Wolken die Gestalt eines Mannes und ein flammendes Kreuz. Es regnete Blut und man glaubte den letzten Tag gekommen.

1403 sah man in Polen mehrere Stunden lang das Bild des Gekreuzigten nebst einem Schwerte von Westen nach Süden schweben.

1592 wurden bei Innsbruck schreckliche Wunderzeichen in der Luft erblickt:



Drei Sonnen, (aus dem Buche der Wunderzeichen.)

ein von Flammen umgebenes Kameel, ein feuerspeiender Wolf, dem ein Löwe folgte, Alles von einem feurigen Kreise umgeben.

Die ärgste Uebertreibung giebt folgender Bericht. Im Jahre 1549 war der Mond von einem Hofe umgeben, neben welchem sich zwei Nebenmonde zeigten. Hierauf erschien ein feuriger Löwe und ein Adler, welcher sich die Brust durchbohrte. Nun folgte eine schreckliche Erscheinung von brennenden Städten und das Bild des Gekreuzigten, neben demselben die beiden Schächer und eine Versammlung von Männern, welche man für die Apostel hielt. Zuletzt zeigte sich ein gräßliches Bild: man sah einen aufrechtstehenden Mann mit grimmigem Antlitz, der mit einem Schwerte ein weinendes und um Gnade flehendes Mädchen bedrohte. Es gehörten sicherlich gute Augen dazu, um alle diese Einzelheiten zu erblicken!

Im Jahre 1557 verfaßte der gelehrte Professor Theobald Wolfhard in Heidelberg unter dem pseudonymen Namen Lykosthenes ein „Buch der Wunderzeichen", welches viele derartige Himmelserscheinungen aufzählt und in seiner Weise deutet. Aus demselben erfahren wir, daß die Höfe und Nebensonnen nicht nur in den nördlichen Gegenden Schrecken erregten, sondern auch in Italien die Furcht der abergläubischen Menge erweckten. So beunruhigte ein im Jahre 1469 in Rom erblickter Sonnenhof die Gemüther in nicht geringem Grade, „und zwar mit gutem Grunde, fügt das Buch der Wunderzeichen hinzu, denn in demselben Jahre trug Georg Skanderbeg, die Geißel der Muselmänner, einen glänzenden Sieg über die Türken davon, und gleichzeitig stürzte der Tod Sforzas, des Herzogs von Mailand, Italien in einen verderblichen Bürgerkrieg."

Die Fortschritte der Astronomie und Physik und das Absterben der Astrologie entkleideten diese optischen Erscheinungen ihres übernatürlichen Charakters. Seit dem letzten Jahrhundert beobachtet man sie mit ruhigem Auge, und wir haben gesehen, daß die Wissenschaft jetzt eine Erklärung von ihnen zu geben vermag, so daß die Meteorologen sie als einfache Thatsachen registriren.

---

## Viertes Capitel.

# Die Luftspiegelung.

Die Atmosphäre zeigt uns nicht blos in ihren hochgelegenen Theilen, wo sich die buntgefärbten Höfe und Nebensonnen bilden, eigenthümliche Lichterscheinungen, sie schafft vielmehr ihre phantastischen Gebilde auch in den unteren Regionen, welche wir bewohnen, ja sie bevölkert bisweilen selbst die Erdoberfläche und den Spiegel der Gewässer mit wunderlichen Erscheinungen vermittelst des Spiels der Lichtstrahlen in den Luftschichten, welche auf diesen Flächen ruhen. Diese optischen Trugbilder, welche dadurch entstehen, daß die Dichtigkeit der unteren Luftschichten die Strahlenbrechung in eigenthümlicher Weise beeinflußt, bezeichnet man mit dem Namen Luftspiegelung. In Folge einer solchen ungewöhnlichen Strahlenbrechung erscheinen die entfernten Gegenstände bald verzerrt, bald in größere oder geringere Entfernung gerückt, bald als verkehrte Spiegelbilder, je nach der Ablenkung, welche die Strahlen unter dem Einfluß der ungewöhnlichen Dichtigkeit der Luft erleiden. Man kennt die Luftspiegelung schon seit sehr langer Zeit; so beschreibt z. B. Diodor von Sicilien, der vor fast 2000 Jahren lebte, diese Erscheinung folgendermaßen. „In Afrika zeigt sich bisweilen ein merkwürdiges Phänomen. Zu gewissen Zeiten, namentlich bei Windstille, ist die Luft mit Bildern von allen möglichen Thieren erfüllt, von denen einige stillstehen, andere hin und her wogen. Bald scheinen sie zu fliehen, bald näher zu kommen, stets sind sie von unnatürlicher Größe, und dies Schauspiel erfüllt Alle, welche nicht daran gewöhnt sind, mit Staunen und Schrecken. Wenn diese Gestalten den von ihnen Verfolgten erreichen, so umhüllen sie seinen Körper wie mit einem kalten Stoffe. Die Fremden, welche diese Erscheinung nicht kennen, werden von Schrecken ergriffen, aber die Bewohner des Landes, denen dies nichts Neues ist, beunruhigen sich nicht im Geringsten.“ Auch Curtius spricht von dieser Erscheinung und die

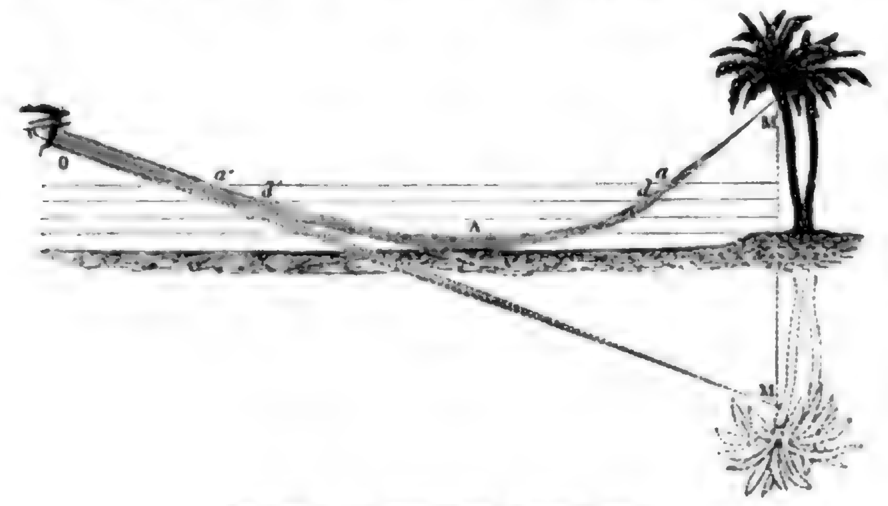
arabischen Schriftsteller erwähnen ihrer sehr oft. Unter anderen findet man im Koran die Stelle: „Die Thaten der Ungläubigen gleichen der Serab der Wüste; der Durstige hält sie für Wasser, bis er hinzutritt und sieht, daß es Nichts ist.“

Erst seit der Mitte des 17. Jahrhunderts hat die Luftspiegelung die Aufmerksamkeit der Physiker gefesselt. Einerseits ermöglichte die Entdeckung des Fernrohrs viele Beobachtungen, welche das unbewaffnete Auge früher nicht ausführen konnte, andererseits führte die genauere Erkenntniß der Brechungsgesetze des Lichtes sowie der Veränderungen, welche ein Wechsel der Temperatur in der brechenden Kraft der Luftschichten hervorruft, auf den richtigen Weg zur theoretischen Erklärung dieses sonderbaren Phänomens. Doch erst im Jahre 1783 erschien die erste wissenschaftliche Arbeit über die Luftspiegelung von dem Professor Busch, welcher sie wiederholt an der Elbe bei Hamburg und an den Küsten der Nord- und Ostsee beobachtet hatte. Er bediente sich bei seinen Untersuchungen öfters des Fernrohrs und gelangte so zu Resultaten, welche vor ihm unbekannt waren. Bei verschiedenen Gelegenheiten sah er in der Luft das Spiegelbild des Meeres und der Küste, unter welchem sich die Schiffe verkehrt abzeichneten, den Rumpf nach oben, die Masten nach unten. Am 5. October 1779 sah er das Bild der zwei Meilen weit entfernten Stadt Bremen und über dem ersten ein zweites verkehrtes Bild. Die hauptsächlichsten Bedingungen, unter denen das Phänomen sich bildet, sind in dem Buche angeführt, doch ist keine theoretische Erklärung geliefert.

Eine solche wurde während der Expedition Napoleons nach Aegypten gefunden. Unterägypten bildet eine weite völlig horizontale Ebene. Die Einförmigkeit der Gegend wird nur durch kleine Erhöhungen unterbrochen, auf welchen sich die Dörfer erheben und so vor den Ueberschwemmungen des Nils gesichert sind. Morgens und Abends zeigt sich nichts Auffälliges. Wenn sich aber der Boden unter den glühenden Strahlen der Sonne erhitzt, so hat es das Ansehen, als ob eine Ueberschwemmung in einiger Entfernung den Boden bedecke. Die Dörfer gleichen Inseln mitten in einem ungeheuren See, unterhalb jedes Dorfes erblickt man das umgekehrte Bild desselben. Die Täuschung wird noch vollständiger dadurch, daß der Boden selbst gar nicht sichtbar ist und selbst das Himmelsgewölbe sich wie in einer ruhigen Wasserfläche abspiegelt. Man kann sich leicht die grausame Täuschung vorstellen, welcher die französische Armee ausgesetzt war. Von den Anstrengungen des Marsches unter einem glühenden Himmel ermattet, von dem Durste gepeinigt glauben die Soldaten diese große Wasserfläche fast berühren zu können, in welcher sich die Dörfer und Palmen abspiegeln. Aber in demselben Grade, als sie sich nähern, weicht das Ufer zurück, der See, welcher das Dorf zu umfluthen schien, rückt in immer weitere Fernen; endlich verschwindet er ganz und die trügerische Erscheinung bildet sich aufs Neue bei einem anderen, weiter ent-

fernten Dorfe. Die Gelehrten, welche die Expedition begleiteten, wurden in nicht geringerem Grade als die Soldaten von diesem sonderbaren Schauspiel überrascht; doch bald gelang es Monge, eine Erklärung hiervon zu geben.

Die Erscheinung tritt ein, wenn die von den Gegenständen ausgehenden Lichtstrahlen, bevor sie zu dem Auge gelangen, Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit durchlaufen und dadurch eine Ablenkung erleiden. Bei der Besprechung des Dämmerungsphänomens sahen wir, daß ein aus der Höhe kommender Strahl, der aus einem dünneren in ein dichteres Mittel übergeht, so abgelenkt wird, daß er sich dem Boden nähert; tritt er dagegen aus einem dichteren in ein dünneres Mittel über, so wird er sich mehr vom Boden entfernen. In diesem letzteren Falle ist der Brechungswinkel größer als der Einfallswinkel (wobei die Winkel verstanden werden, welche der Strahl beim Uebergang aus dem einen in das



Erklärung der gewöhnlichen Luftspiegelung.

andere Mittel mit einer zu der Grenze beider Mittel senkrechten Linie bildet) und es kann der Fall eintreten, daß der Brechungswinkel ein rechter ist, so daß der gebrochene Strahl an der Oberfläche des dichteren Mittels entlang geht. Man nennt den entsprechenden Einfallswinkel den Grenzwinkel. Alle Strahlen nun, welche unter einem größeren, als dem Grenzwinkel einfallen, können nicht mehr austreten, sondern erleiden an der trennenden Schicht eine vollkommene Spiegelung. Man kann sich von dieser Thatsache leicht überzeugen, wenn man ein mit Wasser gefülltes Glas etwas höher hält, als das Auge, und nun durch die Seitenwand die Oberfläche des Wassers betrachtet. Sie wirkt wie ein Spiegel und man sieht einen im Glase stehenden Löffel in ihr vollkommen deutlich abgebildet.

Die Luftspiegelung ist nun nichts Anderes, als die Wirkung einer ähnlichen vollkommenen Spiegelung. Wenn die Atmosphäre bei hellem Sonnenschein ruhig ist, so erhitzen sich die am Boden lagernden Luftschichten sehr bedeutend und es kann der Fall eintreten, daß schon in einer geringen Höhe die Dichtigkeit gegen

den Boden hin rasch abnimmt. Es wird dieser Zustand durch verschiedene Eigenthümlichkeiten des Beobachtungsortes vorübergehend hervorgerufen; immer erstreckt sich diese Zunahme der Dichtigkeit nur bis zu einer geringen Höhe und widerspricht nicht dem allgemeinen Gesetze, nach welchem die Dichtigkeit der Luftschichten bei wachsender Höhe abnimmt. Tritt nun dieser Fall ein, so kann sich Folgendes ereignen. Ein von dem leuchtenden Punkte M ausgehender Strahl wird wiederholt in a d gebrochen und entfernt sich immer mehr von der Senkrechten. Allmählig wird er eine horizontale Richtung annehmen, etwa bei A. Diese Schicht wirkt nun wie ein Spiegel. Die Strahlen schlagen aufsteigend den Weg A d′ a′ ein und gelangen in O zu dem Auge des Beobachters, welcher in der Richtung O M ein Bild des Baumes sehen wird, während er gleichzeitig den Baum direct wahrnimmt. Eine Luftschicht wird also unter gewissen Umständen zum Spiegel und spielt dieselbe Rolle wie eine das Licht reflectirende Wasserfläche. Auf diese Weise entsteht die sogenannte „untere“ Luftspiegelung.

Diese untere Ablenkung und Spiegelung der Lichtstrahlen überrascht oft weniger, als man glauben sollte; mancher geht gleichgültig daran vorüber, ohne sie zu bemerken, ja selbst wenn er darauf aufmerksam gemacht wird, glaubt er nichts Besonderes zu sehen. Um die Spiegelung gut zu erkennen, muß das Auge im Stande sein, entfernte Gegenstände deutlich zu unterscheiden, und der Beobachter muß vor allen Dingen daran gewöhnt sein, sich in Bezug auf die Lage des Horizontes zu orientiren. Deshalb erblicken die Seeleute und die Meteorologen diese Erscheinung weit häufiger, als solche Leute, welche nicht an ein gewissermaßen wissenschaftliches Sehen gewöhnt sind. In manchen Fällen und in manchen Gegenden tritt nun aber die Erscheinung in so überraschender Weise auf, daß sie auch dem unachtsamsten Auge auffällt. Dies ist beispielsweise der Fall an der Meerenge von Messina und in noch höherem Grade in den sandigen Ebenen Arabiens und Aegyptens.

In diesem letzteren Lande läßt sich die Luftspiegelung am besten um Mittag beobachten, zu welcher Tageszeit sich die Erscheinung am vollkommensten entwickelt. Die graue, dunstige Atmosphäre scheint zu schwanken und läßt den Horizont kaum wahrnehmen. Die Seen und die Oase, welche sich in der Ferne zeigen und etwa eine halbe Meile entfernt zu sein scheinen, sind nur trügerische Spiegelbilder. Die unteren Luftschichten sind zu einem wahren Spiegel geworden, in welchem die vergrößerten Bilder einfacher entfernter Sträucher erscheinen. Eine solche Erscheinung erfüllt oft die ermattete Karawane mit neuer Hoffnung; angelockt von dem Truggebilde eilen die verschmachtenden Reisenden herbei und sinken enttäuscht zu Boden zu ihrem letzten Schlafe. Der Araber nennt die trügerische Erscheinung den „Durst der Gazelle“, der immer aufs Neue erwacht und niemals gestillt wird.

Oft verleiht die Phantasie diesen trügerischen Bildern, welche durch die Spiegelung der Lichtstrahlen in den ungleich dichten Luftschichten erzeugt werden, ganz willkürliche Gestalten, wie wir ja auch in den zufälligen Formen der Wolken bestimmte Gestalten zu erblicken glauben. So meint der Schiffer bisweilen Inseln im Meere zu erblicken, deren Dasein ihm bis dahin unbekannt war, wie z. B. die schwedischen Seeleute lange eine zauberhafte Insel gesucht haben, welche sich zwischen den Alands- und Uplandsinseln zu erheben schien; sie waren eben durch eine Luftspiegelung getäuscht worden. Die Städte, welche sich wie durch den Zauberstab einer Fee zu erheben scheinen, sind bisweilen die Spiegelbilder weit entfernter Orte, sehr oft aber läßt sich der Ursprung des Bildes durchaus nicht erklären. „Im Sommer 1847, erzählt Grellois, ritt ich an einem glühend heißen Julitage mit einem Begleiter im langsamen Schritt auf der Straße von Ghelma nach Bona. Als wir um ein Uhr Nachmittags noch etwa eine Meile von letzterer Stadt entfernt waren, hielten wir bei einer Biegung des Weges plötzlich unsere Pferde an, da das Bild, welches sich vor unseren Augen entrollte, uns in das größte Erstaunen versetzte. Oestlich von Bona, wo sich eine uns wohlbekannte sandige und ganz öde Fläche ausbreitet, erhob sich heute auf einem sanft ansteigenden und von einem See umspülten Hügel eine schöne Stadt mit Thürmen und Kuppeln. Die Täuschung war so groß, daß der Verstand sich nur mit Mühe dem Glauben an die Wirklichkeit der Erscheinung verschließen konnte, deren zauberhaften Anblick wir eine halbe Stunde lang genossen. Woher stammte die Erscheinung? Die zauberhafte Stadt hatte nicht die geringste Aehnlichkeit mit Bona, ebensowenig mit La Calle oder mit Ghelma, welcher letztere Ort überdies zehn Meilen weit entfernt war. Es scheint doch kaum glaublich, daß sich hier das Spiegelbild einer größeren Stadt Siciliens gezeigt haben sollte."

Die untere Luftspiegelung beschränkt sich bisweilen auf einfache Refractionserscheinungen und ruft dann eine scheinbare Veränderung und Vergrößerung der Gestalt hervor. Bei der Expedition im Jahre 1837 in Algerien, welche dem Vertrage mit Abdel Kader vorherging, beobachtete Bonnefont im Mai neben anderen Wirkungen der Luftspiegelung auch die folgende merkwürdige Erscheinung. Eine Schaar von Flamingos, welche in dieser Gegend sehr zahlreich sind, zog in einer Entfernung von fast einer Stunde vorüber und gelangte an einen See, der nichts weiter war als ein Gebilde der Luftspiegelung. Als die Vögel das Ufer verließen und über das Wasser hinzugleiten schienen, wurden sie immer größer und größer und glichen vollkommen arabischen Reitern, die in geordnetem Zuge dahin ritten. Die Täuschung war so groß, daß der commandirende General Bugeaud einen Spahi zum Recognosciren vorsandte. Der Reiter durchschnitt den scheinbaren See in gerader Linie, alsbald aber schienen die Beine des Pferdes allmählig höher zu werden, so daß es das Aussehen hatte, als ob Roß und Reiter

von einem gespenstigen mehrere Meter hohen Thiere getragen würden. Die Soldaten betrachteten staunend das wunderliche Schauspiel, bis eine dichte Wolke die Sonnenstrahlen auffing und der Erscheinung ein Ende machte, so daß alle Gegenstände ihre natürliche Gestalt zurückerhielten.

Weit häufiger noch besteht die Wirkung der Luftspiegelung darin, daß Gegenstände, welche unterhalb des Horizontes liegen, sichtbar werden und mithin näher gerückt erscheinen. Da hierbei keine Umkehrung oder Verzerrung des Bildes eintritt, so ist diese Erscheinung noch weniger auffällig, als die vorige, und wird deshalb wenig beachtet. Woltmann und Biot bemerken, daß wenn sie eintritt, die Fläche des Meeres gehöhlt erscheint und die fernen Ufer hohen Klippen gleichen, während alle sehr weit entfernten Gegenstände sich wie Wolken in die Luft zu erheben scheinen. Bei diesem Phänomen tritt eine zweite eigenthümliche Täuschung ein. Während die fernen Gegenstände sich über andere erheben, welche sie sonst verdecken, glaubt das Auge sie in weit geringerer Entfernung zu sehen, als die letzteren, weil an ihnen oft die geringsten Details sichtbar werden. Heim beschreibt eine Erscheinung dieser Art, welche er in Thüringen beobachtete. Er sah drei Bergspitzen über einer Bergkette erscheinen, welche sie sonst verdeckte, und zwar zeigten sie sich in solcher Deutlichkeit, daß er mit einer einfachen Lorgnette auf die Entfernung von vier deutschen Meilen die einzelnen Rasenflecke unterscheiden konnte, was bei der nähergelegenen Bergkette nicht möglich war. Ein im Courier des Sciences veröffentlichter Brief aus Teneriffa meldet sogar, daß man vom Gipfel des Piks, dessen Gesichtskreis sich etwa dreißig Meilen weit erstreckt, vermöge einer Luftspiegelung die Alleghany-Gebirge in Nord-Amerika gesehen habe, was doch etwas gar zu unwahrscheinlich klingt.

Nachdem wir diese beiden Arten der Luftspiegelung betrachtet haben, deren eine die Gegenstände scheinbar herabdrückt, während die andere sie erhebt, wenden wir uns zu der nicht weniger auffallenden oberen Luftspiegelung. Bei derselben können drei verschiedene Fälle eintreten. Entweder erscheint in der Luft das umgekehrte Bild des Gegenstandes und oberhalb desselben ein zweites aufrechtes Bild, oder das umgekehrte Bild erscheint allein, während das aufrechte fehlt, oder es zeigt sich endlich dieses letztere allein.

Woltmann hat die obere Luftspiegelung öfters beobachtet. Die Bilder der Gegenstände schwebten in der Luft, der Horizont des Meeres zeigte sich deutlich am Himmel abgebildet und die Häuser, Bäume und Hügel des Ufers hingen abwärts. Meistens aber berührten sich das Bild und der entsprechende Gegenstand und schienen sich zu durchdringen, so daß das Ganze einer hohen vertikal gestreiften Klippe glich. Welkerling hat ähnliche Beobachtungen an den Svenska-Hogarinseln, welche an dem Ausgange des Hafens von Stockholm liegen, gemacht. „Ueber jedem Felsen, sagt er, erscheint in der Luft ein schwarzer Punkt, streckt sich nach

unten und vereinigt sich mit der Klippe, welche nun das Ansehen einer Säule hat, die 9 bis 10 mal so hoch ist, als der Felsen selbst." Bisweilen erscheinen diese Bilder sehr hoch über dem Horizont. Manche sind in schneller, zitternder Bewegung begriffen, andere verharren in voller Ruhe und sind bisweilen von Regenbogenfarben umzogen. Je heller die Beleuchtung ist, um so lustiger erscheinen die Bilder und verschwinden ganz, wenn die Sonne in ihrem vollen Glanze strahlt.

Die obere Luftspiegelung zeigt sich häufiger an der Meeresküste, als im Binnenlande, weil die Dichtigkeit der Luftschichten oberhalb des Meeres sehr veränderlich ist. Als Tissandier am 16. August 1868 bei Calais im Luftballon aufstieg, sah er die Bilder eines Dampfschiffes und mehrerer Fischerkähne, welche umgekehrt auf einem gleichfalls umgekehrten Ocean schifften. Der Himmel gab sogar die grünliche Färbung des Meerwassers und die von der Sonne beglänzten Ufer in voller Deutlichkeit wieder. Die öffentlichen Blätter melden oft genug Fälle von einer oberen Luftspiegelung, die in unseren gemäßigten Breiten beobachtet worden ist, wie z. B. von dem umgekehrten Bilde einer Stadt; meistens aber sind diese Bilder nur undeutlich ausgeprägt und verschwinden bald. Vor einigen Jahren wurde die Erscheinung in Paris beobachtet und war um so auffallender, da sie durch das Licht des Mondes hervorgerufen wurde. In der Nacht des 14. Decembers 1869 waren alle Leute, welche über die Brücken und Quais gingen, Zeugen dieses merkwürdigen Schauspiels. Der Mond leuchtete, doch war der Himmel matt verschleiert, und die Wolken schienen wie von einem Nordlicht bestrahlt zu sein. Paris mit seinen Palästen und Monumenten war deutlich in den Wolken zu erkennen, aber Alles erschien verkehrt, als ob sich über der Stadt ein ungeheurer Spiegel befände. Das Pantheon, der Dom der Invaliden, die Notre-Damekirche, das Louvre, die Tuilerien waren deutlich zu erkennen. Vom Pont des Arts erblickte man im Westen die Seine mit ihren Brücken, die Thürme der Clotildenkirche, den Concordienplatz, die elysäischen Felder und den Industriepalast, welches Alles von dem silbernen Glanze des Mondes umflossen war und einen unbeschreiblichen Anblick gewährte.

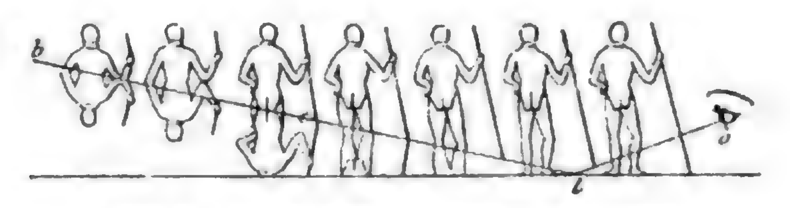
Die Luftspiegelung kann auch zwischen zwei Luftschichten stattfinden, welche durch eine vertikale Ebene getrennt sind. Dieser Fall tritt öfters ein, wenn große Mauerwerke durch die Mittagssonne erhitzt werden. Man bezeichnet diese Erscheinung als seitliche Luftspiegelung. Die Mauer spielt hier die Rolle des erhitzten Bodens und eine zu der Mauer senkrechte Linie vertritt die Selle der vertikalen bei der horizontalen Luftspiegelung. Da aber die erwärmten Luftschichten hier schnell in die Höhe steigen und durch andere ersetzt werden, so erstreckt sich die störende Wirkung der ungleich dichten Schichten nur auf eine geringe Entfernung. Man muß daher nahe an die Mauer hinantreten und parallel zu

Obere Luftspiegelung, beobachtet zu Paris 1869.

Digitized by Google

ihr nach den Gegenständen blicken, welche sich ihr nähern. Man sieht dann beispielsweise von den Personen, welche durch die Thüren der Mauer gehen, umgekehrte Bilder, wie bei der gewöhnlichen Luftspiegelung. In Paris kann man diese Erscheinung oft genug während der heißen Jahreszeit wahrnehmen, wenn man sich in die Verlängerung der Mauern der Tuilerien oder des Louvre stellt. An den Südforts erblicken zwei Personen, die etwa hundert Meter von einander entfernt sind, ganz gut ihre gegenseitigen Bilder, welche durch die dünne an den Mauern aufsteigende Schicht heißer Luft zurückgeworfen werden. Dieselbe Erscheinung hat man in Berlin und überall, wo man genügende Aufmerksamkeit darauf verwendet hat, wahrgenommen. Fast immer erscheint dabei das Bild in derselben Größe, wie der Gegenstand selbst.

Nicht selten zeigen sich bei der Luftspiegelung mehrere verkehrte Bilder, welche über dem Gegenstande schweben. Biot und Arago erblickten dies Phänomen auf dem Gipfel des Desierto de las Palmas, als sie am Repetitionskreise eine Signalflamme auf der Insel Iviza beobachteten. Oberhalb derselben erschienen

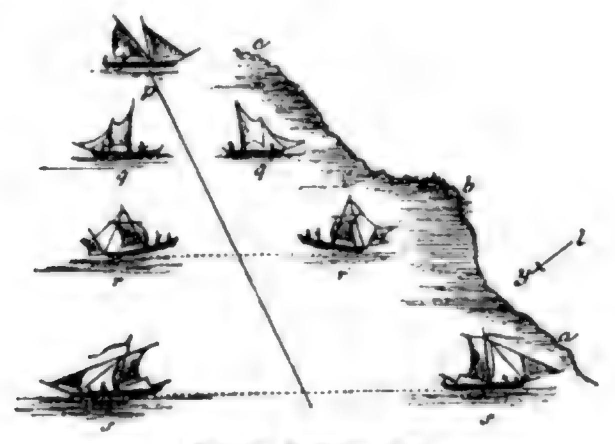


Wirkung der Luftspiegelung in verschiedenen Entfernungen.

in derselben senkrechten Linie mehrere Abbilder. Scoresby sah am 18. Juli 1822 über einer Brigg drei umgekehrte Bilder derselben; bei jedem berührte das Schiff das ebenfalls umgekehrte Bild des Eisfeldes, auf welchem er sich befand. Nicht immer sind die Bilder in derselben Regelmäßigkeit angeordnet. Bald erscheint das zweite Bild über dem ersten, bald sieht man beide nebeneinander oder zu beiden Seiten des Gegenstandes, bald sind sie nicht umgekehrt, sondern schweben aufrecht in der Luft.

Der Doctor Vince erzählt mehrere interessante Beispiele von Luftspiegelung. Von Ramsgate aus sieht man bei klarem Wetter die Spitzen der vier hohen Thürme des Schlosses zu Dover, das Gebäude selbst wird durch einen zwölf englische Meilen entfernten Hügel verdeckt. Am 6. August 1806 sah Vince gegen 7 Uhr Abends nicht nur die vier Thürme, sondern das Schloß selbst in allen seinen Theilen bis zu den Grundmauern hinab. Man erblickte es so deutlich, als wenn es mit einem Male auf den dazwischen liegenden Hügel versetzt worden wäre. Biot und Mathieu haben Aehnliches bei Dünkirchen auf dem sandigen Ufer neben dem Fort Risban wahrgenommen. Der erstere hat eine ausführliche Theorie dieser Erscheinung gegeben und gezeigt, daß von einem gewissen Punkte

l aus, der in einiger Entfernung vor dem Beobachter in o liegt, man eine Linie lb der Art ziehen kann, daß alle Punkte, welche unter ihr liegen, unsichtbar bleiben, während man alle Gegenstände bis zu einer gewissen Höhe über der Linie zweimal sieht, das eine Mal direct, das andere Mal als umgekehrte Spiegelbilder. Ein Mensch, welcher sich von dem Beobachter entfernt, wird, sobald er in l angekommen ist, der Reihe nach die in der Figur dargestellte Erscheinung bieten. Soret und Jurine haben im September 1818 auf dem Genfer See die merkwürdige in der Figur dargestellte Spiegelung wahrgenommen. Die Linie abc stellt das östliche Ufer des Sees vor; eine mit Fässern beladene Barke befand sich in p gegenüber der Landspitze von Belle-Rive und steuerte nach Genf; die Beobachter, welche sich in dem Hause Jurines in der Entfernung von etwa einer halben Meile befanden, sahen die Barke mit einem Fernrohr in der Richtung



Seitliche Luftspiegelung.

gp. Während sie nacheinander die Punkte q, r und s erreichte, sah man ein sehr deutliches Spiegelbild in q'r's', welches gerade so wie die Barke selbst fortrückte, aber sich von der Linie gp nach links hin entfernte, während die Barke nach rechts hin segelte. Als die Sonne hell auf die Segel schien, wurde das Bild so deutlich, daß es auch dem unbewaffneten Auge sichtbar war. Die Richtung der Sonnenstrahlen ist durch die Linie ly angedeutet. Rechts von gp war die Luft während des größten Theils des Tages im Schatten gewesen, während sie links stark erhitzt worden war. Die Fläche, welche die warme von der kalten Luftschicht schied, mußte fast senkrecht sein und sich nur wenig über den Wasserspiegel erheben.

In den Polargegenden ruft die Luftspiegelung die wunderlichsten und seltsamsten Erscheinungen hervor. „Die starke Verdichtung, welche die Luft im Winter erleidet, sagt der Admiral Wrangel, ebenso wie die im Sommer in der Atmosphäre verbreiteten Dünste lassen im Eismeer die Luftspiegelung in besonderer Stärke auftreten. In solchen Fällen nehmen die Eisberge die seltsamsten

Gestalten an; bisweilen scheinen sie von der Eisfläche, auf welcher sie lagern, losgelöst zu sein und in der Luft zu schweben." Oftmals glaubten Wrangel und seine Gefährten bläuliche Bergketten zu sehen, deren Umrisse scharf gezeichnet waren, und an denen sie Thäler und selbst einzelne Felsen wahrzunehmen meinten. Aber während sie sich noch freuten, das so lange ersehnte Land endlich entdeckt zu haben, dehnte sich die blaue Masse nach beiden Seiten hin und umfaßte zuletzt den ganzen Horizont. Auch Scoresby hat an den grönländischen Küsten oft beobachtet, wie die fernen Eisberge sonderbare Formen annahmen und bisweilen in der Luft zu schweben schienen. Die auffälligste Erscheinung dieser Art gewährte das umgekehrte und vollkommen deutliche Bild eines unterhalb des Horizontes befindlichen Schiffes. „Wir hatten schon ähnliche Erscheinungen beobachtet, sagt er, aber diese zeichnete sich durch die Schärfe aus, welche das Bild trotz der Entfernung des Schiffes besaß. Die Umrisse waren so gut ausgeprägt, daß ich durch das Fernrohr die geringsten Details der Takelage und des Rumpfes deutlich unterschied und in dem Bilde das Schiff meines Vaters erkennen konnte. Als wir später unsere Logbücher verglichen, ergab es sich, daß wir sieben deutsche Meilen voneinander entfernt gewesen waren, d. h. etwa vier Meilen jenseits des gegenseitigen Horizontes."

An den Ufern des Orinoco fanden Humboldt und Bonpland Mittags den Sand 42 Grad R. warm, während die Wärme der Luft in einer Höhe von 6 Metern nur 32 Grad betrug. Die Höhen von San-Juan und von Ortez, sowie die 3—4 Stunden entfernte Bergkette La Galera zeichneten sich hoch in der Luft ab; die Palmen schienen keine Stämme zu haben. In den Savannen von Caracas erblickten die beiden Reisenden in der Entfernung von einer Viertelmeile eine Heerde Kühe in der Luft. Von einer anderen Heerde schien ein Theil in der Luft zu schweben, während die übrigen Thiere den Boden berührten.

Hayes beschreibt eine Luftspiegelung, welche er im Smith-Sund unter dem 80. Breitengrade, also nur 10 Grade vom Pol entfernt, beobachtete, folgendermaßen: „Eine schwache Brise kräuselte sanft die Oberfläche des Meeres und wir glitten bei blendendem Sonnenschein auf einem ruhigen Wasser dahin, welches überall mit funkelnden Eisbergen und den Ueberbleibseln alter Eisfelder bedeckt war; hier und dort glänzte eine krystallhelle Scholle, welche sich von einem Eisfelde abgelöst hatte. Die Meeresthiere und die Vögel sammelten sich um uns und belebten das ruhige Wasser und die stille Luft. Die Walrosse schnoben und brüllten bei unserem Anblick, die Seehunde reckten ihre klugen Köpfe empor, eine Heerde Narvale zog blasend vorüber und streckte die langen Hörner aus dem Wasser hervor, die gefleckten Leiber der Thiere beschrieben eine graziöse Linie oberhalb des Meeresspiegels, als sie im Sonnenlichte spielten. Unzählige weiße Walfische durchschnitten die Wellen. Auf dem Verdecke sitzend brachte ich lange Stunden

damit zu, auf dem Papier die prächtige Färbung der grünlichen Eisberge, welche das Schiff umringten, wiederzugeben und das herrliche Schauspiel anzustaunen. Die Atmosphäre war von einer seltenen Reinheit und wir wurden Zeugen von einer sehr auffälligen Luftspiegelung, welche Erscheinung übrigens während der schönen Tage des nordischen Sommers häufig ist.

Der Horizont verdoppelte sich gewissermaßen. Die weit jenseits des Gesichtskreises gelegenen Gegenstände stiegen wie auf den Ruf eines Zauberers empor, schwebten in der Luft und änderten fortwährend ihre Gestalt. Eisberge, schwimmende Eisfelder, entfernte Berge erschienen plötzlich, streckten sich in Höhe und Breite, erhoben und senkten sich und verschwanden allmählig wieder unter der Meeresfläche. Die Bilder wechselten fast so schnell wie in einem Kaleidoskop; alle möglichen Gestalten, welche die Phantasie zu ersinnen vermag, zeichneten sich nacheinander am Himmel. Ein spitziger Thurm, das verlängerte Bild einer entfernten Bergspitze, schoß in die Luft hinauf, gestaltete sich zu einem Kreuze, dann zu einem Schwerte; nun glich er einer Menschengestalt und verschwand, um dem Bilde eines Eisberges Platz zu machen, welches fast einer Festung glich. Die Eisfelder gewährten den Anblick einer mit Bäumen und Thieren bedeckten Ebene; zackige Gebirge erschienen, zerflossen alsbald und ließen uns einen langen Zug von Bären, Hunden, Vögeln und Menschen erblicken, welche in den Lüften tanzten und vom Meer gegen den Himmel zu springen schienen. Es ist unmöglich, die seltsame Erscheinung genau zu beschreiben. Das märchenhafte Schauspiel währte fast den ganzen Tag hindurch, bis ein kräftiger Nordwind das Meer in Bewegung setzte. Bei dem ersten Windstoß verschwand die Luftspiegelung und ließ nicht mehr Spuren zurück als die Zaubererscheinungen Prosperos."

Wenn die Brechung und Spiegelung der Lichtstrahlen nicht in Luftschichten mit ebener Oberfläche, sondern in unregelmäßig abgelagerten und gekrümmten Schichten vor sich geht, so sind die Bilder stark verzerrt, nur theilweise ausgeprägt oder erscheinen mehrfach, wobei die Bilder desselben Gegenstandes oft weit von einander entfernt sind. Dies findet bei der phantastischen Erscheinung der sogenannten Fata Morgana statt, welche bisweilen an dem Meeresufer bei Neapel und Reggio beobachtet wird. Das Phänomen zeigt sich namentlich bei Tagesanbruch, wenn vollständige Windstille herrscht. Auf meilenweite Ausdehnung nimmt die Küste Siciliens das Aussehen einer dunklen Bergkette an, während an der calabrischen Küste Alles unverändert bleibt. Alsbald erblickt man in matten Umrissen eine Reihe von zahllosen Säulen, alle gleich hoch und gleich weit voneinander entfernt. Sie schrumpfen bisweilen in einem Augenblick bis auf ihre halbe Höhe zusammen und scheinen sich zu Bogengängen und Gewölben, die den römischen Aquäducten gleichen, zusammenzubiegen. Oft erscheinen in der Höhe Paläste, welche sich alle vollständig gleichen; alsbald zerfließen dieselben und

bilden Thürme, welche ihrerseits verschwinden und einem Säulengange oder einer Unzahl von Pinien und Cypressen Platz machen. Man hat diese phantastische Erscheinung neuerdings auch in Schottland nahe bei Edinburgh am 16. und 17. Juni 1871 kurz vor einem schrecklichen Sturme wahrgenommen. Es ist dies sicher die eigenthümlichste Gestalt, in welcher die Luftspiegelung auftreten kann.

---

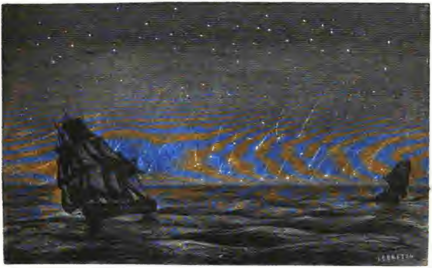
## Fünftes Capitel.

## Die Feuermeteore. Das Zodiakallicht.

Ein jeder unserer Leser hat sicherlich mehr als einmal gesehen, wie in einer klaren Nacht ein Stern sich von dem Himmel abzulösen schien, an dem Gewölbe hinglitt und ohne Geräusch erlosch. Vielleicht hat auch der eine oder der andere das Glück gehabt, nicht blos eine Sternschnuppe, sondern die weit glänzendere Erscheinung einer Feuerkugel zu beobachten, welche nach allen Seiten Funken sprühend in raschem Fluge dahinschoß, gleich einer riesigen Rakete einen Feuerschweif hinter sich zog und vielleicht mit dem Getöse eines Kanonenschusses zersprang. Schwerlich aber ist es einem unter ihnen vergönnt gewesen, ein Bruchstück einer zersprungenen Feuerkugel, einen aus der Luft herabgefallenen Meteorstein selbst aufzuheben. Wir zählten soeben drei verschiedene Erscheinungen auf, welche aber hinsichtlich ihres Ursprunges eng miteinander verwandt sind. Seit einigen Jahren sind unsere Kenntnisse in Bezug auf diese Feuermeteore bedeutend erweitert, und es mag nicht uninteressant sein, wenn wir auf die Betrachtung der Sternschnuppen, Feuerkugeln und Meteorsteine oder Aerolithen näher eingehen.

Die Höhe, in welcher uns eine Sternschnuppe erscheint, wird dadurch ermittelt, daß zwei weit voneinander entfernte Beobachter auf einer Himmelskarte die Bahn verzeichnen, welche ihnen das Meteor zwischen den Sternbildern zu verfolgen schien. In Folge der Perspective ist diese Bahn für beide Beobachter nicht dieselbe, und aus der Abweichung beider Linien läßt sich die Entfernung der Sternschnuppe berechnen. Diese Methode ist zuerst im Jahre 1798 von Benzenberg und Brandes angewendet worden. Aus den letzten Untersuchungen Alexander Herschels, Newtons in Newhaven, Secchis in Rom und Schiaparellis in Mailand geht hervor, daß die Sternschnuppen in einer durchschnittlichen Höhe von 16 Meilen aufleuchten und in einer Höhe von 11 Meilen erlöschen. Ihre Geschwindigkeit wechselt von 2 bis 9 Meilen für die Secunde.

Bei aufmerksamer Beobachtung ergiebt sich, daß die Zahl der in jeder Nacht erscheinenden Sternschnuppen sehr groß ist, indem an demselben Beobachtungsorte in jeder Stunde 5—6 Meteore sich zeigen. Bisweilen aber steigert sich in einer Nacht ihre Zahl bis in das Unglaubliche, so daß Tausende leuchtender Funken untermischt mit Feuerkugeln den Himmel durchfliegen und ein Naturschauspiel darbieten, dessen Pracht nur von wenigen übertroffen wird. Das Vorkommen von Feuerkugeln in solchen Sternschnuppenschwärmen beweist, daß beide Erscheinungen ihrem Wesen nach identisch sind und sich hauptsächlich nur durch die Größe der glühenden Massen unterscheiden. Die Häufigkeit der Sternschnuppen nimmt



Sternschnuppenregen.

an gewissen Tagen des Jahres ganz erheblich zu, und man hat seit Anfang dieses Jahrhunderts die Existenz mehrerer großer Meteorströme festgestellt, welche die Erdbahn durchschneiden und mit denen unser Planet an jenen Tagen zusammentrifft. In der Nacht vom 11. zum 12. November 1799 waren Humboldt und Bonpland in Cumana Zeugen eines Sternschnuppenregens; während mehrerer Stunden gab es am Himmel keine Stelle so groß wie drei Vollmondsbreiten, welche nicht von Meteoren gewimmelt hätte. Die Bewohner Cumanas wurden durch dies Phänomen in Schrecken gesetzt; alte Leute erinnerten sich, daß eine ähnliche Erscheinung zugleich mit einem Erdbeben im Jahre 1766 stattgefunden habe.

Man hatte diesen Sternschnuppenregen schon so ziemlich vergessen, und ob-

Digitized by Google

schon am 12. November 1823 ein großer Meteorschauer von Klöden in Potsdam beobachtet war, und am 12. November 1832 in ganz Europa und Asien eine so große Zahl von Sternschnuppen erschien, daß eine Zählung unmöglich war, so fiel doch die Wiederkehr solcher Meteorschwärme in der Zeit vom 11.—14. November erst auf, als vom 12. zum 13. November 1833 in Nordamerika ein Sternschnuppenfall beobachtet wurde, welcher in seiner Großartigkeit dem von Humboldt beschriebenen Phänomen ebenbürtig war. Olmsted sprach zuerst die Vermuthung aus, daß die Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne in der Zeit vom 11.—14. November zahlreichen, um die Sonne kreisenden Sternschnuppenschwärmen begegne, und daß daher in diesen Nächten sich viele solcher Meteore zeigen müßten, und Olbers schrieb bereits im Jahre 1837: „Vielleicht müssen wir bis 1867 warten, bevor wir einen so großen Sternschnuppenfall wie 1799 und 1833 wahrnehmen." Diese damals noch etwas gewagte Voraussage ist ein Jahr früher durch den großartigen Meteorregen des Jahres 1866 bestätigt worden.

Eine ähnliche Zunahme in der Häufigkeit der Sternschnuppen findet noch für einige andere Tage, wie z. B. für den 20. April und namentlich für die Nächte vom 10.—14. August statt, und wir müssen daher annehmen, daß auch in diesen Tagen die Erde die Bahn von Sternschnuppenschwärmen durchschneidet. Im Allgemeinen ist die Zahl der Meteore im Sommer und Herbst größer, als im Winter und Frühling; auch vertheilt sich ihre Zahl nicht gleichmäßig auf die Stunden der Nacht, ist vielmehr gegen Morgen erheblich größer, als vor Mitternacht.

Die Sternschnuppen erscheinen zwar an allen Stellen des Himmels, wenn man aber die Bahnen der einzelnen verzeichnet, so ergiebt sich, daß viele von demselben Punkte des Himmels herzukommen scheinen, welchen Punkt man den Ausstrahlungs- oder Divergenzpunkt nennt. So scheinen die Meteore des Novemberschwarms fast sämmtlich aus einem Punkte im Sternbilde des Löwen, die des Augustschwarms aus dem Sternbilde des Perseus zu kommen. Es sind dies gerade diejenigen Punkte des Himmels, nach welchen in jenen Tagen die Bewegung der Erde gerichtet ist. Dies ist kein zufälliges Zusammentreffen, wie sich aus dem Folgenden ergiebt. Seitdem man den Sternschnuppen eine größere Aufmerksamkeit zugewendet hat, ist man zu der Gewißheit gekommen, daß täglich eine sehr große Zahl solcher kleiner Körper unsere Atmosphäre durchschneiden. Wenn nun die Erde ruhte, so würde sie von allen Seiten gleich oft von diesen Körperchen getroffen werden, d. h. es würde das Fallen der Sternschnuppen sich gleichmäßig auf die verschiedenen Tages- und Jahreszeiten vertheilen. Da nun aber unser Wohnort nicht ruht, sondern mit einer Geschwindigkeit von vier Meilen in der Secunde auf seiner Bahn dahinrollt, so muß offenbar die vorangehende Hälfte der Erde die im Raum vertheilten Körperchen auffangen, ähnlich wie ein durch einen Mückenschwarm geworfener Ball vorzugsweise mit seiner vorderen Seite die

Thierchen trifft. Hieraus erklärt sich der Umstand, daß die Meteore von demjenigen Punkte auszugehen scheinen, gegen den die Bewegung der Erde gerichtet ist. Offenbar folgt aus derselben Thatsache, daß ihre Zahl um so größer sein wird, je höher der Punkt, dem die Erde zueilt, über dem Horizonte des Beobachters liegt, so daß sie am größten sein muß, wenn der Divergenzpunkt seinen höchsten Stand im Süden erreicht hat, und am kleinsten, wenn jener Punkt am niedrigsten, d. h. im Norden unterhalb des Horizontes liegt. Es befindet sich aber der Punkt, auf den die Bewegung der Erde gerichtet ist, stets 90 Grad, d. h. um einen Viertelkreis rechts von der Sonne und steht daher des Morgens um 6 Uhr im Süden, des Abends um 6 Uhr im Norden, woraus hervorgeht, daß die Sternschnuppen vor Mitternacht seltener erscheinen müssen, als in den Morgenstunden. Auf demselben Grunde beruht auch die bereits von Arago erkannte aber nicht erklärte Thatsache, daß die Zahl der Meteore im Sommer und Herbst erheblich größer ist, als im Winter und Frühling, auch wenn man von den Meteorströmen des August und November absieht. Während der letzten beiden Jahreszeiten liegt nämlich der Divergenzpunkt auf der südlichen Himmelshalbkugel und kann sich daher nicht so hoch über unseren Horizont erheben, als in der anderen Jahreshälfte, wo er auf der nördlichen Halbkugel liegt. Am tiefsten steht er im Frühling, am höchsten im Herbste.

Für die größeren Meteorschwärme hat man die Bahnen, welche sie beschreiben, berechnet und die Dauer ihres Umlaufs um die Sonne festgestellt. Hierbei ergaben die Untersuchungen Schiaparellis einen unleugbaren Zusammenhang zwischen den Sternschnuppen und den Kometen, und zeigten, daß beide derselben Classe von Erscheinungen angehören. So beschreibt der Komet vom Jahre 1862 dieselbe Bahn, welche die aus dem Perseus strömenden Meteore des Augustschwarms verfolgen; so hat der Novemberschwarm dieselbe Bahn und dieselbe Umlaufszeit von $33^1/_4$ Jahren, wie der sogenannte Tempelsche Komet. Dieser Schwarm ist sehr lang gestreckt und braucht mehrere Jahre, ehe er ganz bei dem Punkte vorüberwandert, wo er die Erdbahn durchschneidet, so daß das Novemberphänomen sich gewöhnlich zwei Jahre hintereinander in vollem Glanze zeigt. Der Meteorschwarm des 20. April beschreibt dieselbe Bahn, wie ein im Jahre 1861 entdeckter teleskopischer Komet. Am interessantesten ist in dieser Beziehung der Bielasche Komet. Dieser kleine nur durch das Fernrohr wahrnehmbare Weltkörper hatte schon früher die Aufmerksamkeit der Astronomen in hohem Grade auf sich gezogen, nicht blos weil er die Erdbahn durchschneidet und also mit unserem Wohnorte zusammenstoßen kann, sondern weil er im Jahre 1845 sich in zwei Theile spaltete, welche bei seiner Wiederkehr im Jahre 1852 sich beträchtlich voneinander entfernt hatten. Da der Komet nach Vollendung eines neuen Umlaufs im Jahre 1859 wegen seiner ungünstigen Stellung in der Nähe der Sonne nicht wahrgenommen werden konnte,

so war man um so gespannter auf seine Wiederkehr im Jahre 1865, wo er der Berechnung nach günstiger für die Beobachtung stehen mußte. Allein trotz der sorgfältigsten Durchmusterung des Himmels wurde keine Spur von dem Kometen gefunden, der doch in früheren Jahren ziemlich genau zu der berechneten Zeit an dem bestimmten Orte erschienen war. Auch im Jahre 1872 wurde er nicht wahrgenommen, sollte sich aber in einer höchst unerwarteten Weise bemerklich machen. Am 27. November gelangte die Erde zu dem Punkte ihrer Bahn, wo der Komet dieselbe durchschneidet, wo also beide Weltkörper zusammentreffen können. Am Abend dieses Tages wurde nun während mehrerer Stunden in ganz Europa ein großer Meteorschauer wahrgenommen, welcher dem Sternschnuppenregen von 1866 gleich kam. Es war klar, daß die Erde mit Theilen des bis dahin vergebens gesuchten Biela'schen Kometen, welcher der Berechnung nach den betreffenden Punkt schon im September hätte passiren müssen, zusammengetroffen war, und wir waren somit Zeugen eines Zusammenstoßes unseres Wohnortes mit einem Kometen gewesen, eines Ereignisses, welches frühere Jahrhunderte sich nur mit Grauen vorstellten und von welchem sie für unseren Planeten eine furchtbare Katastrophe, wenn nicht gar den Untergang erwarteten. Allein statt daß das gefürchtete Verderben über uns hereinbrach, genossen wir nur den prachtvollen Anblick eines gewaltigen Meteorregens. Uebrigens gelang es Pogson in Madras, wohin die Nachricht von dem Phänomen telegraphirt wurde, am 2. December an der durch den Meteorregen angedeuteten Stelle des Himmels einen lichtschwachen Kometen aufzufinden, welcher entweder der Biela'sche Komet selbst, oder ein Theil desselben war.

Kometen und Sternschnuppenschwärme, welche dieselbe Bahn verfolgen, sind daher miteinander auf das Engste verwandt, und wir können die ersteren als eine sehr dichte Anhäufung des Stoffes betrachten, aus welchem die Sternschnuppen bestehen, und können vermuthen, daß sie sich mit der Zeit gänzlich in Sternschnuppen auflösen werden, welche alsdann in größeren oder kleineren Haufen in der gemeinsamen Bahn wandern. Ob diese kleinen Körper, welche uns in dichter Anhäufung als Kometen erscheinen, fest, flüssig oder luftförmig sind, darüber sind die Meinungen der Astronomen getheilt. Eine dichtgedrängte Gruppe derselben, welche wir Komet nennen, wird uns auch in großer Entfernung sichtbar, dagegen sind die vereinzelten Körperchen so klein, daß wir sie nur wahrnehmen, wenn sie in unsere Atmosphäre eindringen und durch den Widerstand der Luft bis zum Selbstleuchten erhitzt werden.

Wenden wir uns jetzt zu den Feuerkugeln. Dieselben haben große Aehnlichkeit mit den Sternschnuppen, besitzen aber einen weit größeren Glanz und enthalten feste Bestandtheile, da wir viele beglaubigte Beispiele besitzen, daß aus ihnen Meteorsteine herabstürzten. So zog am 30. Januar 1868 eine Feuerkugel, die halb so groß erschien wie der Vollmond und in intensivem blaurothen Lichte strahlte,

über Preußen und Polen hin und sandte bei Pultusk einen wahren Steinregen herab. Ueber 3000 Bruchstücke wurden gesammelt, einige wogen 14 Pfund. Die Feuerkugeln erscheinen ebenso plötzlich wie die Sternschnuppen und durchziehen oft einen weiten Theil des Himmels. Nicht selten stoßen sie Rauch aus, sprühen Funken und ziehen einen langen leuchtenden Schweif hinter sich, welcher oft auch nach dem Erlöschen des Meteors noch eine Zeit lang sichtbar bleibt. Die meisten scheinen plötzlich zu erlöschen, andere zerspringen mit lautem, weit hörbarem Krachen in mehrere Stücke, welche in verschiedenen Richtungen umherstieben oder als

Meteorsteinfall.

Meteorsteine zu Boden stürzen. Die folgenden Beispiele mögen die Erscheinung der Feuerkugeln und den Fall der Aerolithen veranschaulichen. Am 7. September 1868 gegen drei Uhr Morgens wurde zu Sanguis=St.=Etienne im Departement der Niederen Pyrenäen der Himmel plötzlich durch eine glänzende Feuerkugel erleuchtet, welche einen langen Feuerstreifen hinter sich herzog. Sie verbreitete ein lebhaftes matt=grünes Licht und glänzte etwa zehn Secunden lang. Vor ihrem Verschwinden zersprang sie in mehrere Bruchstücke und an ihrer Stelle erschien ein weißliches Wölkchen, welches noch eine Zeit lang sichtbar blieb. Dem Zerspringen folgte ein anhaltendes Getöse gleich dem Rollen des fernen Donners und

Digitized by Google

alsdann drei überaus heftige Detonationen, welche mehrere Meilen weit gehört wurden. Nach diesen Detonationen ließ sich ein zischendes Geräusch hören, als ob glühendes Eisen in Wasser getaucht würde, und darauf der dumpfe Ton eines auf den Boden aufschlagenden festen Körpers. In der That war ein solcher 30 Meter weit von der Kirche in das Bett eines kleinen Baches gestürzt und war bei dem Aufschlagen so vollständig zersplittert, daß die größten Bruchstücke kaum fünf Centimeter lang waren. Zwei Männer, welche in dieser frühen Morgenstunde vor der Thür eines Hauses standen, wurden durch den Knall und das Zischen so erschreckt, daß sie sich auf die Erde warfen. Der Stein, dessen Trümmer acht Pfund wogen, fiel etwa 20 Meter von ihnen zu Boden.

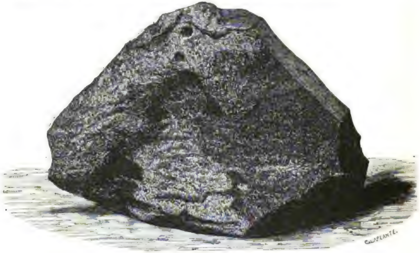
Am 9. Februar desselben Jahres wurde ein anderer Meteorsteinfall bei Casale in Piemont beobachtet. Um zehn Uhr Morgens hörte man einen starken Knall, als ob ein sehr schweres Geschütz abgefeuert würde. Nach etwa zwei Secunden folgten zwei neue Detonationen, welche ebenso, wie die erste, in dem vier Meilen entfernten Alessandria gehört wurden. Unmittelbar darauf erschien in beträchtlicher Höhe eine Masse von unregelmäßiger Gestalt, welche von einer rauchartigen Hülle umgeben war und hierdurch das Aussehen einer kleinen Wolke erhielt. Hinter sich ließ sie einen langen Rauchstreifen. Einige Landleute, welche auf den Feldern arbeiteten, sahen mehrere Steine aus der Luft herabfallen und hörten sie mit großem Getöse auf dem Boden aufschlagen. Andere Arbeiter, welche in einem Gehölze beschäftigt waren, sahen, wie nach den Detonationen ein förmlicher Regen von kleinen Körpern zu Boden fiel; ein Bruchstück streifte den Hut eines Mannes, ohne ihn selbst zu verletzen. Man fand später zwei größere Meteorsteine im Gewicht von vier und 13 Pfund und zahlreiche kleinere Trümmer, welche fast eine halbe Meile von den ersten zu Boden gefallen waren.

Wenn nun auch feststeht, daß die Meteorsteine aus den Feuerkugeln herabstürzen, so ist es doch zweifelhaft, ob sie den einzigen Bestandtheil der letzteren ausmachen, oder ob noch andere Stoffe in dem Meteor enthalten sind. Da der Durchmesser mancher Feuerkugeln 2—3000 Fuß beträgt, der größte bekannte Aerolith aber nur eine Größe von $7^1/_2$ Fuß hat, so müssen wir annehmen, daß die Meteorsteine nur gewissermaßen den Kern bilden, welcher von entzündlichen Gasarten umgeben ist. Bei dem Durcheilen unserer Atmosphäre drängt das mit einer Geschwindigkeit von 2—4 Meilen in der Secunde dahineilende Meteor die Luft vor sich her, verdichtet dieselbe und wird bei der Ueberwindung dieses Widerstandes so stark erhitzt, daß die brennbaren Gase sich entzünden. Während des Lichtprocesses lösen sich kleine Theilchen von dem Hauptkörper los, wie das Funkensprühen beweist, bleiben hinter der rasch dahinschießenden Feuerkugel zurück und bilden in sehr feiner, staubartiger Zertheilung den bald leuchtenden, bald dunklen Schweif, welchen das Meteor hinter sich herzieht.

Die herabstürzenden Steine sind so heiß, daß man sie gleich nach dem Falle kaum berühren kann. Sie zeigen im Allgemeinen eine auffallende Uebereinstimmung in Bezug auf die Form und die chemische Zusammensetzung, wobei indessen einzelne von dem allgemeinen Charakter abweichen. Sehr selten sind sie kugelig gestaltet, fast immer zeigen sie hervorspringende Ecken und Kanten und machen den Eindruck, als wären sie Bruchstücke eines größeren Körpers. Der ganze Stein ist mit einer dünnen, pechartig glänzenden Rinde überzogen, deren eigenthümliche Färbung schon den Alten auffiel, so daß Plinius von dem color adustus der Meteorsteine spricht. Das Innere ist grauweiß und scharf von der schwarzen, schlackenartigen Rinde abgegrenzt, ein Zeichen, daß die Erhitzung, durch welche die Oberfläche geschmolzen wurde, nicht lange genug anhielt, um auf das Innere zu wirken.

Alle Aerolithen enthalten nur solche Bestandtheile, welche auch auf der Erde vorkommen. Es sind dies die Grundstoffe: Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, Kiesel, Calcium, Aluminium, Kalium, Natrium, Kobalt, Kupfer, Zinn, Spuren von Wasserstoff und Chlor und vor Allem Eisen, welches mit Nickel durchsetzt ist. Manche Aerolithen bestehen nur aus gediegenem, nickelhaltigem Eisen, und bilden entweder compacte, schmiedbare Massen oder schwammartige Körper mit großen kugelförmigen Höhlungen, welche nicht selten mit Augit- und Olivin-Krystallen besetzt sind. Wie auffällig es auch erscheinen mag, daß die Meteorsteine nur solche Grundstoffe enthalten, welche sich auf der Erde finden, so sei doch daran erinnert, daß mit Hülfe der Spectralanalyse das Vorkommen vieler Stoffe, die sich auf unserem Planeten vorfinden, auf der Sonne und den Fixsternen nachgewiesen ist. Das Herabstürzen solcher Massen aus der Luft ist schon seit den ältesten Zeiten bekannt und wird in den Sagen und Schriften fast aller Völker erwähnt. Oft wurden diese überirdischen Körper ihres Ursprungs wegen mit abergläubischer Verehrung betrachtet, wie der schwarze Stein in der Kaaba zu Mekka, der unzweifelhaft ein Aerolith ist; oft schrieb man den aus ihnen gefertigten Gegenständen besondere Kräfte zu und es ließen daher beispielsweise Khalifen und mongolische Fürsten aus frischgefallenen Meteormassen Schwerter schmieden. Die Griechen und Römer achteten sorgfältig auf die Meteorsteinfälle und suchten sie auch zu erklären, wobei sie der Wahrheit näher kamen, als die Physiker des 17. und 18. Jahrhunderts. Wenn auch Aristoteles meinte, der große bei Aigos-Potamoi im Jahre 465 als feurige Masse gefallene Stein sei durch einen mächtigen Sturmwind von seiner ursprünglichen Lagerstätte gehoben und hinabgeschleudert worden, so lehrte doch schon Diogenes von Apollonia, daß sich zwischen den sichtbaren Gestirnen auch dunkle Massen bewegten, die bisweilen auf die Erde herabstürzten „wie der steinerne Stern, der bei Aigos-Potamoi gefallen ist“. Obgleich nun schon die alten Schriftsteller wie Plutarch, Livius

und Plinius vielfach von Meteorsteinfällen erzählen und auch im Mittelalter zahlreiche derartige Ereignisse berichtet werden, so haben doch die Physiker lange die Wahrheit dieser Erzählungen bezweifelt. Als später wiederholte Wahrnehmungen die Thatsache über allen Zweifel erhoben, wurde die Vermuthung ausgesprochen, die überirdischen Fremdlinge seien Auswürflinge der Vulkane, mit denen, wie das Fernrohr lehrt, die Oberfläche des Mondes bedeckt ist. Diese Ansicht ist bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts die herrschende gewesen, und erst die Untersuchungen Chladnis haben es zur Gewißheit gemacht, daß die Aerolithen in genauem Zusammenhange mit den Feuerkugeln stehen.



Der Aërolith von Caille.

Es mögen hier noch die größten bekannten Aerolithen aufgezählt werden. Zu Juvenas im Ardeche-Departement fiel am 15 Juni 1821 ein Meteorstein, welcher ohne die abgesprengten Trümmer 184 Pfund wog. Der große in Chili gefundene Aerolith ist 48 Centimeter lang, 20 breit und wiegt 208 Pfund; er wurde auf der Weltausstellung in Paris im Jahre 1867 viel bewundert. Der zu Ensisheim in Gegenwart des Kaisers Maximilian 1494 gefallene Stein wiegt 276 Pfund. Er hatte sich fünf Fuß tief in den Boden gebohrt und wurde lange Zeit als ein Wunderzeichen in der Kirche des Ortes verehrt. Weit größer noch ist der 1250 Pfund schwere Aerolith von Caille, der lange Zeit als Bank vor der Kirchenthüre benutzt wurde, jetzt aber seinen Platz in dem Pariser Museum gefunden hat. Der größte Meteorstein endlich, dessen Fall beobachtet ist, stürzte

am 20. April 1810 bei Santa Rosa in Neu-Granada herab und wühlte sich fast ganz in den Boden ein. Er ist 7½ Fuß lang und wiegt 1500 Pfund.

---

Um unsere Rundschau über die optischen Erscheinungen in der Atmosphäre zu vervollständigen, werfen wir noch einen Blick auf das Thierkreis- oder Zodiakallicht, welches zu gewissen Zeiten des Jahres sich als matter Schimmer zeigt. Wie die Sternschnuppen und Feuerkugeln gehört dasselbe nicht eigentlich unserem Planeten an, und es ist daher Sache der Astronomie, sich mit ihm zu beschäftigen; da es aber unsere Atmosphäre erleuchtet, so möge es hier eine kurze Besprechung finden.

Nach Sonnenuntergang im Februar, März und April und vor Sonnenaufgang im November zeigt sich an dem Himmelsgewölbe bisweilen ein Lichtstreifen, welcher sich in der Richtung der Ekliptik, d. h. desjenigen Kreises, welchen die Sonne in einem Jahre zu beschreiben scheint, ausbreitet.

Die Alten kannten diese Erscheinung nicht; sie wurde zuerst von Childrey 1663 erwähnt und von dem älteren Cassini im Jahre 1683 zuerst näher untersucht. Wenn das Zodiakallicht sich nach Sonnenuntergang zeigt, so vermischt es sich in der Nähe des Horizontes mit dem letzten Schein der Dämmerung. In unseren Breiten hat es die Form eines Kegels, dessen Basis an der Stelle liegt, wo die Sonne untergegangen ist, und welcher vom Horizonte aus schief nach Süden hin aufsteigt. Unter dem Aequator verliert es sehr bald die Kegelform und erscheint nach Einbruch der vollen Nacht wie ein Lichtstreifen, der sich über den ganzen Himmel spannt, fast als wäre die Ekliptik und der sie umgebende Thierkreis leuchtend geworden. Bisweilen bleibt dieser Streifen die ganze Nacht hindurch sichtbar.

Die der Sonne am nächsten gelegenen Theile haben den Glanz der Milchstraße, die entfernteren leuchten weit schwächer und werden nur in der so sehr durchsichtigen Luft der Tropen sichtbar. Die Farbe ist fast rein weiß. In Europa hat man bisweilen eine röthliche Färbung wahrzunehmen geglaubt, doch beruht dies wohl auf einer Täuschung, die dadurch veranlaßt wird, daß der letzte Schein der Dämmerung sich mit dem Thierkreislichte vermischt; unter den Tropen erscheint es nur weiß. In diesen Gegenden erhebt es sich wie eine schöne weiße Säule, die senkrecht zum Horizont steht und an Glanz oft die hellsten Theile der Milchstraße übertrifft. An den Rändern dieser Säule verschwimmt das Licht allmählig im Gegensatz zu der Milchstraße, deren Ränder an manchen Stellen heller glänzen, als die Mitte. Während des Sommers ist es in Europa nicht sichtbar, weil in dieser Jahreszeit die Ekliptik nach Sonnenuntergang zu nahe

am Horizonte liegt und die Dämmerung so sehr lange anhält; dagegen kann man es in der heißen Zone, wo die Dämmerung nur kurz ist und die Ekliptik immer hoch über dem Horizonte liegt, das ganz Jahr hindurch beobachten.

Schon die Beobachtungen von Cassini und Mairan hatten zu der Vermuthung geführt, daß das Zodiakallicht sich über die Erdbahn hinaus erstrecke. Mehrere Astronomen des vorigen Jahrhunderts glaubten in demselben die Atmosphäre der Sonne zu sehen, welche sich in der Ebene des Sonnenäquators bis zu ungeheuren Fernen erstrecken sollte. Dagegen bewies Laplace, daß die Atmosphäre der Sonne höchstens nur bis zu dem Punkte reichen könne, wo die Centrifugalkraft der Anziehungskraft der Sonne das Gleichgewicht hält, welcher Punkt aber nur 36 Sonnenhalbmesser oder $3^1/_2$ Millionen Meilen vom Mittelpunkt der Sonne entfernt ist und also innerhalb der Merkursbahn liegt.

Die Physik hat entdeckt, daß das Licht durch Zurückwerfung die merkwürdigen Eigenschaften erhält, welche wir als Polarisation des Lichtes bezeichnen, daß aber diese Eigenthümlichkeit nicht bei jedem reflectirten Lichtstrahl hervortritt, und regelmäßig fehlt, wenn der Strahl nicht von einer Luftart oder von einer gleichartigen Oberfläche, sondern von einer Anhäufung getrennter Theilchen, wie z. B. von den aus Dunstbläschen zusammengesetzten Wolken zurückgeworfen wird. Da nun das Thierkreislicht nicht polarisirt ist, so folgt hieraus, daß es entweder nicht reflectirt ist, oder daß hier das Sonnenlicht von einer Anhäufung kleiner Körperchen zurückgeworfen wird, welche unter sich nicht zusammenhängen. Auch wenn das Zodiakallicht von einem selbstleuchtenden Stoffe ausgesendet würde, so müßte doch dieser Stoff eine gewisse Menge Sonnenlicht reflectiren, so daß sich in dem Zodiakallichte Spuren von Polarisation vorfinden müßten, wenn es nicht von gesonderten Körperchen ausginge. Wir können es daher als eine bewiesene Thatsache ansehen, daß das Zodiakallicht von kleinen getrennten Körpern herrührt, welche um die Sonne kreisen und von dieser beleuchtet werden. In Anbetracht der sehr geringen Lichtstärke ist es nicht wahrscheinlich, daß sie auch noch eigenes Licht besitzen.

Wir haben aber gesehen, daß Schwärme kleiner Körper um die Sonne kreisen und uns bei ihrem Eindringen in die Atmosphäre als Sternschnuppen sichtbar werden. Die Feuerkugeln und die Meteorsteine lieferten uns den handgreiflichen Beweis von dem Dasein kleiner kosmischer Massen innerhalb unseres Planetensystems. Mit Rücksicht hierauf kommen wir zu dem Schluß, daß unser Sonnensystem neben den großen Kugeln, die wir Planeten nennen, auch unzählige kleine Körper enthält, welche gleich den großen in der Ebene des Thierkreises um die Sonne kreisen. Die beste Erklärung, welche wir heute von dem Zodiakallicht geben können, sieht in demselben solche kleine Körper, welche in ihrer Anhäufung wie ein leuchtender Nebel erscheinen.

## Sechstes Capitel.

# Allgemeine Thätigkeit des Lichtes.

In den vorigen Capiteln haben wir die mannigfachen Spiele des Lichtes in der Atmosphäre besprochen und ihre Entstehung und ihr Wesen näher untersucht. Diese Rundschau über die Werke des Lichtes würde unvollständig sein, wenn wir nicht einen Augenblick die großartigen und tiefgreifenden Wirkungen betrachten wollten, welche dasselbe auf das gesammte Leben der Erde ausübt. Denn das Licht verleiht nicht blos unserem Wohnorte Farbe und Schmuck, sondern es hilft auch das Leben erhalten und ist eine Hauptbedingung für die Existenz aller organischen Wesen. Es giebt Welten, welche dies weiße Licht nicht kennen, dem die Erde die Mannigfaltigkeit der Farben verdankt; ihnen leuchten grüne, rothe oder blaue Sonnen und tauchen ihre Oberfläche und alle Körper auf derselben immer nur in diese eine Farbe. Andere Weltkörper werden von zwei oder drei Sonnen erleuchtet, deren jede in einer Farbe strahlt und welche entweder nacheinander über dem Horizonte erscheinen, oder gleichzeitig ihre Strahlen herabsenden. Wir erkennen somit, daß unsere Erde, einen so bescheidenen Standpunkt sie auch in dem großen Weltgebäude einnehmen mag, doch nicht zu den am wenigsten bevorzugten Welten zählt, weil unsere Sonne uns in ihrem weißen Lichte alle möglichen verschieden gefärbten Strahlen zusendet.

Die Macht des Lichtes, welches die Sonne über die Erde ausgießt, welches in stetem Wechsel Tag und Nacht heraufführt und in den einzelnen Jahreszeiten mit sehr verschiedener Intensität den Boden trifft, übt eine unbestrittene Herrschaft über das Leben auf unserem Planeten aus; es webt mit leichter Hand den zarten Leib der Pflanze, und gerade dieser Arbeit, welche es auf die Pflanzenwelt ausübt, wollen wir unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

Es läge eigentlich nahe, hier die Herrschaft des Lichtes vom ästhetischen Stand-

punkte aus zu betrachten und zu schildern, wie die Blume sich willenlos und unbewußt zum Lichte kehrt und dem Menschen zum Vorbilde dienen kann, der, obwohl mit Willen und Bewußtsein ausgestattet, sich dennoch oft dem Reiche der Finsterniß zuwendet. Ebenso läge es nahe, den Schlaf und das Erwachen der Pflanzen zu betrachten und die Energie zu bewundern, mit welcher sie dem Lichte entgegenstreben. Allein wir wollen uns darauf beschränken, die Arbeit näher zu würdigen, welche dies Agens unausgesetzt bei dem Lebensproceß der Gewächse verrichtet.

Das Licht ist für das Leben der Pflanzen unentbehrlich, und wenn auch einzelne eine Zeit lang im Finstern zu wachsen vermögen, so schießen sie doch nur als dünne, hinfällige Stengel empor und sind unfähig, alle Phasen ihres Lebenscyklus zu durchlaufen. Die hauptsächlichsten Grundstoffe, aus welchen der Leib der Pflanzen aufgebaut ist, sind, wie schon oben erwähnt, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, wenn man von den sogenannten anorganischen Bestandtheilen, wie Kiesel, Phosphor, Schwefel, Kalium, Natrium und Calcium, die nur in geringen Quantitäten vorkommen, absieht. Die drei letzten der erstgenannten vier Stoffe werden während der Saftbewegung in der Pflanze durch chemische Processe fixirt, von denen wir nur das Endresultat wahrnehmen; der Kohlenstoff dagegen wird beim Athmungsproceß unter Einwirkung des Lichtes aus der in der Luft enthaltenen Kohlensäure abgeschieden und in den Pflanzen aufgespeichert.

Nach den Untersuchungen, welche Boussingault vom Juni bis August 1865 in einer an Kohlensäure reichen Luft angestellt hat, absorbirt ein Quadratmeter von den Blättern des Lorbeerbaums im Lichte täglich $1\frac{1}{10}$ Liter Kohlensäure und entbindet im Dunkeln $\frac{7}{100}$ Liter, so daß unter Einwirkung des Lichtes ungefähr 16 mal so viel Kohlensäure gebunden, als im Dunkel ausgehaucht wird. Untersucht man eine gleich große Quantität von Blättern vor und nach der Beleuchtung durch die Sonne, so findet man, daß unter der Einwirkung des Lichtes ziemlich ebenso viel Sauerstoff ausgehaucht, wie Kohlensäure gebunden wird. Dagegen zeigt die chemische Analyse der umgebenden Luft, daß der Stickstoffgehalt derselben ungeändert bleibt, daß also die Blätter weder Stickstoff aufnehmen, noch aushauchen. Es folgt hieraus, daß der in den Gewächsen enthaltene Stickstoff nicht durch die Blätter beim Athmen eingeführt wird, sondern daß ihn die Wurzeln aus ammoniakalischen Stoffen des Bodens aufnehmen und dem Safte beimengen.

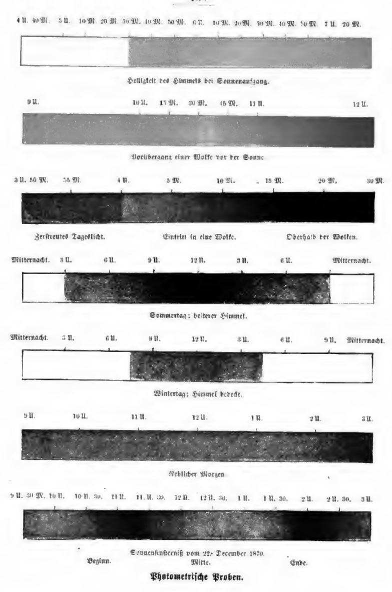
Das Licht verleiht nicht nur den Blättern und Stengeln die grüne Färbung, indem es in den Zellen unter der Oberhaut das Chlorophyll oder Blattgrün entwickeln hilft, es taucht auch die Blüthen in die mannigfachen und zarten Tinten, die unsere Augen erfreuen, und verleiht selbst den Früchten ihre Farbe, ja man

kann behaupten, daß alle Schattirungen, welche sich in der Pflanzenwelt finden, dem Lichte ihren Ursprung verdanken, entweder direct, oder durch secundäre Wirkungen, d. h. durch Vorgänge, welche durch das Licht eingeleitet werden, sich aber erst während der Entwickelung der Pflanze vollziehen, wie sich z. B. viele Blumen in dem Augenblick ihres Entfaltens färben.

Aehnlichen Lichtwirkungen begegnen wir in dem Thierreiche. Die Lebhaftigkeit der Farben in dem Gefieder der Vögel oder in dem Haarkleide der Säugethiere nimmt vom Aequator nach den Polen hin ab. Das gebräunte Gesicht des Landbewohners steht in lebhaftem Gegensatze zu der lichten Farbe des Städters und noch mehr zu dem bleichen und farblosen Antlitze des Gefangenen.

Sehr merkwürdig ist es, wie geringe die Menge der in der Luft und in dem Erdreiche verbreiteten Kohlensäure ist, aus welcher die Pflanzen den Kohlenstoff entnehmen, da dies Gas etwa nur $^1/_{10000}$ von dem Volumen der ganzen Atmosphäre beträgt. Während die gesammte Lufthülle so schwer ist, wie eine um die ganze Erdkugel gebreitete Wasserschicht von mehr als 10 Meter Höhe, würde der in der atmosphärischen Kohlensäure enthaltene Kohlenstoff, wenn er in gleichmäßiger Schicht rund um die Erde ausgebreitet würde, ein Steinkohlenlager von nur $1^1/_4$ Millimeter Dicke bilden. So geringe auch diese Quantität ist, so wird doch aus ihr aller Kohlenstoff entnommen, den die Pflanzen fortwährend fixiren. Wie wir oben sahen, wird der Verlust an Kohlensäure unaufhörlich durch die Zersetzungsproducte organischer Stoffe sowie durch die von den Thieren ausgeathmete Kohlensäure ersetzt. In dem sechsten Capitel des ersten Buches haben wir uns ausführlicher mit dieser Ausgleichung beschäftigt, und es sollen daher hier nur kurz noch einige Daten gebracht werden.

In unseren Breiten producirt eine Hectare Wald im Jahre etwa 8500 Pfund Kohlenstoff, welcher in einer Schicht ausgebreitet den Boden bis zu einer Höhe von $^{13}/_{100}$ Millimeter bedecken würde. Da nun, wie eben angeführt, die in der gesammten Atmosphäre enthaltene Kohlensäure eine etwa zehnmal dickere Kohlenschicht liefern kann, so würde in 10 Jahren die sämmtliche atmosphärische Kohlensäure zersetzt werden, wenn die Erdoberfläche ganz mit Wald bedeckt wäre und kein Ersatz an Kohlensäure geliefert würde. Da die Kohlensäure, welche ein erwachsener Mensch in 24 Stunden ausathmet, etwa ein Pfund Kohlenstoff enthält, so würde das Athmen von 23 Menschen hinreichen, um der Luft soviel Kohlenstoff zuzuführen, als eine Hectare Wald der Atmosphäre entzieht. Wir erkennen hieraus, wie die verschiedenen organischen Wesen in ihren Existenzbedingungen aufeinander angewiesen sind, und sehen andererseits, welche ungeheure Arbeit unausgesetzt durch die chemische Wirkung der Lichtstrahlen ausgeführt wird. Indessen sei bemerkt, daß so gewaltig diese Arbeit auch sein mag, sie doch noch von der erst später zu besprechenden Wärmewirkung der Sonnenstrahlen übertroffen wird.




**Photometrische Proben.**

Digitized by Google

Schon längst hat man nach Methoden gesucht, um die Intensität des Lichtes, namentlich des zerstreuten Tageslichtes, mit derselben Sicherheit zu bestimmen, mit welcher wir die Wärme und den Druck der Luft mit Hülfe von Thermometer und Barometer messen; allein bis jetzt sind alle zu diesem Zwecke verwendeten Instrumente noch unvollkommen. Die besten Resultate erhält man noch, wenn man das Licht auf photographisch präparirtes Papier wirken läßt, wobei man aus dem Grade der Schwärzung des Papiers die Intensität des Lichtes erkennt. Flammarion hat diese Methode öfters bei Luftschifffahrten angewendet, um die Stärke des Lichtes unterhalb, in und oberhalb der Wolken zu bestimmen. Sein Apparat bestand aus einer kupfernen Büchse, innerhalb welcher ein Streifen von photographisch präparirtem Papier auf einen drehbaren Cylinder gewickelt war. Der Cylinder drehte sich um seine Axe und führte so den ganzen Papierstreifen allmählig an einer Oeffnung vorüber, durch welche das Licht auf ihn wirkte. Mit Hülfe eines solchen Instrumentes kann man die Zu- und Abnahme des Lichtes sehr deutlich erkennen und die verschiedenen Intensitäten unter einander vergleichen.

---

# Drittes Buch.

# Die Wärme.

Digitized by Google

## Erstes Capitel.

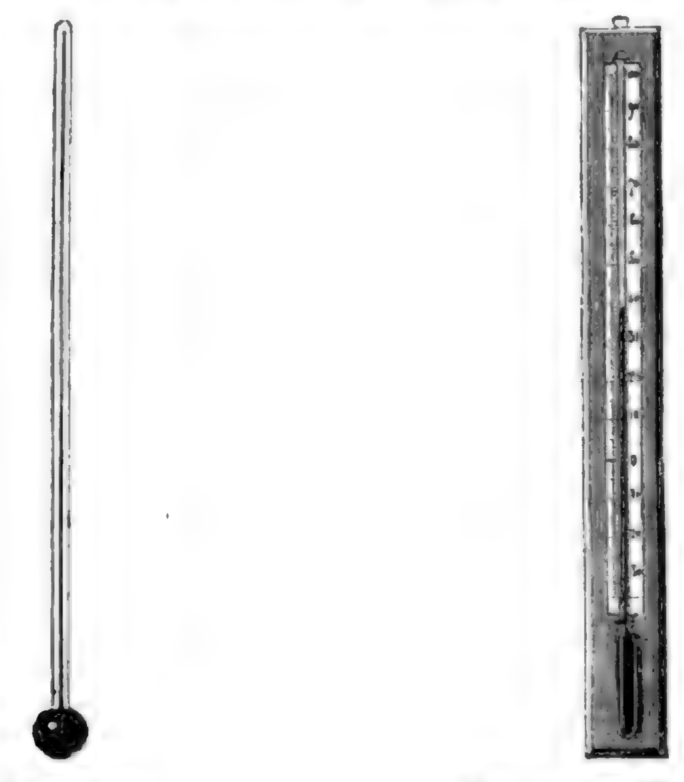
### Die Wirkung der Sonne auf die Erde.

In dem ersten Buche haben wir die Erde als Weltkörper bei ihrem Laufe um die Sonne betrachtet, und die Atmosphäre, welche sich als dünne Schicht rings um sie anschmiegt, näher studirt in Bezug auf ihre Ausdehnung und chemische Zusammensetzung, wobei wir uns zugleich die wichtige Rolle klar machten, welche der Athmungsproceß in dem Leben der Pflanzen und der Thiere spielt. In dem zweiten Buche haben wir alsdann die Werke des Lichtes bewundert, welches unsere gesammte Atmosphäre durchdringt und dem Erdball den Schmuck der Farben verleiht. Bisher haben wir gewissermaßen nur die glänzende Außenseite der Atmosphäre studirt, und es ist daher jetzt an der Zeit, daß wir in die Werkstatt selbst hinabsteigen und die gewaltige Kraft kennen lernen, welche daselbst unaufhörlich wirkt, die Kraft, welche die Luftströmungen hervorruft, sowohl den linden Hauch, der unsere Wange fächelt, als auch den Orkan, der vernichtend über die Erde dahinbraust. Während die Kraft der allgemeinen Anziehung die Erde um die Sonne herumtreibt und bei der schiefen Stellung der Erdaxe den Wechsel der Jahreszeiten herbeiführt, erweckt die Wärme die während der starren Nacht des Winters schlummernde Pflanzenwelt zu neuem Leben und lockt die befiederten Bewohner des Waldes zu frohem Gesange. Sie öffnet den duftenden Kelch der Rose und breitet über die Wiesen den Teppich von lachendem Grün; sie läßt die Quelle hervorsprudeln und den geschwätzigen Bach dahinplätschern; sie streut die Atome der Pflanze in die Luft und läßt sie ihren Kreislauf von der Pflanze zum Thier und Menschen und von dort zurück zu der Pflanze vollenden, und schlingt so ein verwandtschaftliches Band um alle Organismen. Besser unterrichtet, als die alten Propheten, welche nicht wußten, von wannen der Wind kommt und wohin er fährt, werden wir in dieser einen Kraft die Grundursache der Winde,

der Wolken und der Gewitterstürme erkennen, und werden die Großartigkeit des Mechanismus bewundern lernen, der alle Bewegung auf der Erde in das Leben ruft.

Sehen wir zunächst, wie man die Wärme mißt und ihre Vertheilung über die Erdoberfläche bestimmt.

Um die Schwankungen der Temperatur zu messen, bedient man sich des Thermometers, ähnlich wie man die Schwankungen des Luftdruckes mit Hülfe des Barometers bestimmt. Als die Physiker in Florenz das Gesetz entdeckt hatten, daß alle Körper sich unter dem Einfluß der Wärme ausdehnen, gelangten sie bald



Thermometer. Hunderttheiliches Thermometer.

zu der Erfindung des Thermometers. Sie bedienten sich einer Glaskugel, welche mit einer engen, oben geschlossenen Röhre endigte und gefärbten Weingeist enthielt. Bringt man einen solchen Apparat aus einem kälteren in ein wärmeres Mittel, so dehnt sich die Flüssigkeit aus, steigt in der Röhre empor und zeigt hierdurch die Erhöhung der Temperatur an. Dieser Apparat datirt vom Jahre 1660, doch war schon im Anfange des Jahrhunderts ein ziemlich ähnliches Instrument von dem Holländer Drebbel verwendet worden. Damit diese Instrumente sich untereinander vergleichen ließen, d. h. damit sie unter denselben Bedingungen dieselben Angaben lieferten, wurden sie alle so genau wie möglich nach demselben Muster gearbeitet. Renaldi in Pavia kam im Jahre 1694 zuerst auf die Idee, das Instrument mit einer Scala zu versehen, welche sich auf die Temperaturen bezieht, bei denen das Wasser seinen Aggregatzustand wechselt. Noch heute

machen wir von dieser Methode Gebrauch und erhalten in dieser Weise Instrumente, welche sich vollständig untereinander vergleichen lassen. Man hüllt das Instrument in schmelzenden Schnee und taucht es hernach in siedendes Wasser, markirt beide Male den Stand der Flüssigkeitssäule, und gewinnt so zwei feste Punkte, den Gefrierpunkt und den Siedepunkt des Wassers. Den Abstand zwischen diesen beiden Punkten theilt man verschieden ein, bald in 80, bald in

Pyrheliometer.

100 Grade, so daß der Gefrierpunkt mit Null, der Siedepunkt mit 80 oder 100 bezeichnet wird, wobei bemerkt sei, daß alle Temperaturangaben dieses Buches sich auf das achtzigtheilige Réaumur'sche Thermometer beziehen, welches in Deutschland vorzugsweise in Gebrauch ist, während die Franzosen sich des hunderttheiligen Celsius'schen Thermometers bedienen. Erwähnt sei noch, daß in England die Temperatur nach einer dritten Scala von Fahrenheit gemessen wird, welche beim Gefrierpunkt 32 und beim Siedepunkt 212 schreibt, so daß der Abstand jener beiden Punkte in 180 Grade getheilt ist und der Nullpunkt 32 dieser Grade unter dem Gefrierpunkte liegt.

Vor etwa 30 Jahren hat Pouillet eine Reihe sehr subtiler Versuche ange-

Digitized by Google

stellt, um die Wärmemenge, welche die Sonne der Erde zusendet, und die Temperatur des Weltraums, d. h. die beiden Elemente zu bestimmen, aus welchen sich die Temperatur an der Erdoberfläche zusammensetzt. Er verwendete hierbei das sogenannte Pyrheliometer. Dasselbe besteht der Hauptsache nach aus einem Gefäße A aus dünnem Silberblech von einem Decimeter Durchmesser, welches 100 Gramm Wasser enthält. In dem Gefäße befindet sich die Kugel eines Thermometers, dessen Röhre durch einen das Gefäß verschließenden Kork in die kupferne Röhre B hineinragt. An dem unteren Theile der letzteren befindet sich eine Scheibe C, welche mit dem Gefäße gleichen Durchmesser hat. Richtet man nun den Apparat so, daß der Schatten des Gefäßes die untere Scheibe deckt, so ist man sicher, daß die Sonnenstrahlen die Fläche des Wassers in dem Gefäße gerade senkrecht treffen. In dieser Lage läßt man das Instrument etwa fünf Minuten. Vergleicht man die Temperaturen des Wassers vor und nach der Bestrahlung, so kann man leicht die Wärmemenge berechnen, welche während einer Minute auf jeden Quadratcentimeter Fläche von der Sonne ausgestrahlt worden ist. Pouillet fand dieselbe durchschnittlich gleich dem dritten Theil einer Calorie oder Wärmeeinheit. (Unter Calorie versteht man diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, um die Temperatur von einem Kilogramm oder zwei Pfund Wasser um einen Grad zu erhöhen; es ist dies gleichzeitig dieselbe Wärmemenge, welche frei wird, wenn ein Kilogramm Wasser um einen Grad erkaltet).

Indem er die Dicke der von den Sonnenstrahlen durchlaufenen Luftschichten mit in Rechnung zog, fand Pouillet, daß das Heliometer eine Temperaturerhöhung von $5^1/_3$ Grad ergeben würde, wenn die Atmosphäre die gesammte Sonnenwärme hindurchließe, ohne einen Theil derselben zu absorbiren, oder wenn der Apparat an der Grenze der Atmosphäre aufgestellt werden könnte, wo er die gesammte Sonnenwärme aufnehmen würde. Multiplicirt man diese Zahl mit der oben gefundenen $^1/_3$ Calorie, so gewinnt man als Maß der von der Sonne ausgestrahlten Wärme $1^7/_9$ Wärmeeinheiten. Dies ist mithin die Größe der Wärme, welche die Sonne an den Grenzen der Atmosphäre in einer Minute über jeden Quadratcentimeter Fläche ausgießt; der Erdboden würde dieselbe Menge empfangen, wenn nicht die Luft einen Theil der einfallenden Strahlen absorbirte. Mit Hülfe dieser Zahlen und mit Berücksichtigung des Gesetzes, daß die wärmende Kraft der Strahlen um so geringer ist, je schiefer sie auf die erwärmte Oberfläche auffallen, läßt sich die Wärme berechnen, welche die von der Sonne beleuchtete Erdhälfte in jedem Augenblicke empfängt, und ebenso läßt sich ermitteln, wie viel Wärme von dem entsprechenden Theil der Atmosphäre absorbirt wird. Die Rechnung zeigt, daß die Atmosphäre, auch wenn sie ganz heiter zu sein scheint, doch ungefähr die Hälfte der von der Sonne ausgestrahlten Wärme verschluckt, so daß nur die andere Hälfte den Boden erreicht.

Da wir nun wissen, wie groß die in jeder Minute auf ein Quadratcentimeter Fläche ausgestrahlte Wärmemenge ist, so können wir leicht die Summe der Wärme berechnen, welche die gesammte Erdoberfläche im Laufe eines Jahres empfängt. Man erhält die ungeheure Zahl von etwa 1000 Trillionen Calorien. Diese Wärme vermöchte die Temperatur einer Wasserschicht, welche in der Dicke von einem Meter die ganze Erde umgäbe, um mehr als 1800 Grad zu erhöhen, wenn dies überhaupt möglich wäre; sie würde ferner im Stande sein, eine 31 Meter dicke Eisrinde, welche die ganze Erdkugel bedeckte, zu schmelzen.

Vergleichen wir die Arbeit, welche diese ungeheure Wärmemenge zu vollführen vermag, mit der Arbeit unserer Dampfmaschinen, so finden wir, daß sie in einem Jahre 217 Billionen Pferdekräfte beträgt. Es würden daher 543,000 Millionen Dampfmaschinen, jede zu 400 Pferdekräften, bei unausgesetzter Arbeit dieselbe Kraft entwickeln, welche die Wärmestrahlen der Sonne auf der Erde entfalten.

Ein Theil dieser Wärme wird dazu verwendet, den Boden bis zu einer gewissen Tiefe zu erwärmen; allein da die Erdoberfläche und die Atmosphäre fortwährend Wärme in den Weltraum ausstrahlen, und da der Erdball wenigstens seit sehr langer Zeit dieselbe mittlere Temperatur zu bewahren scheint, so kann man annehmen, daß dieser Theil der Sonnenwärme dazu verwendet wird, die Temperatur unseres Planeten im Gleichgewicht zu erhalten. Ein anderer Theil setzt sich in Molecularbewegung, d. h. in chemische Thätigkeit um, durch welche das pflanzliche und thierische Leben unaufhörlich neue Nahrung empfängt. „So sind wir, sagt Tyndall, nicht blos im bildlichen Sinne, sondern in Wirklichkeit die Kinder der Sonne.“ Wie unser Erdball in dem unendlichen Raum durch die unsichtbare Hand der Anziehungskraft an die Sonne gefesselt ist, so wird das pflanzliche und thierische Leben von der mit keiner anderen Kraft vergleichbaren Macht der Sonnenwärme erhalten. Die alten Religionen und frühesten Mythen der erwachenden Menschheit begrüßten bereits in dem strahlenden Gestirn das bewegende Princip der ganzen Schöpfung; sie ahnten, wenn auch nur dunkel, die Größe der Arbeit, welche unser Centralkörper auf die ihn umkreisenden und von seinem Lichte umflossenen Welten unausgesetzt ausübt. Berechnet man den Arbeitswerth der Sonnenstrahlen, so findet man, daß die über jeden Quadratmeter ausgegossene Wärme hinreicht, um in 10 Minuten ein Liter Wasser von gewöhnlicher Temperatur zum Kochen zu bringen. Unter den Tropen entspricht die auf eine Fläche von 100 Quadratfuß stündlich ausgestrahlte Sonnenwärme der Hitze, welche durch die Verbrennung von 100 Kilogramm Steinkohlen erzeugt wird. Der amerikanische Ingenieur Ericson, der Erfinder der Sonnen-Dampfmaschine, berechnet, daß die auf die Dächer Philadelphias ausgestrahlte Sonnenwärme 5000 Maschinen, jede zu 20 Pferdekräften, in Gang setzen kann. Als Archimedes die Gesetze des Hebels näher studirt hatte, rief er aus: „Gebt mir einen Punkt, wo

ich stehen kann, und ich hebe die Erde aus ihren Angeln"; ähnlich sagt Ericson: „Könnten wir die Sonnenwärme concentriren, so würden wir eine Kraft erhalten, ausreichend um die Erde in ihrem Laufe aufzuhalten." Um ein Maß für jede Wärmewirkung anzugeben, sei erwähnt, daß die Arbeit, welche verrichtet wird, wenn man die Temperatur von einem Kilogramm Wasser um einen Grad erhöht (eine Calorie oder Wärmeeinheit), der Leistung einer Kraft entspricht, welche ein Gewicht von 503 Kilogramm einen Meter hoch hebt. Die Sonnenwärme ist die Quelle aller Naturkräfte, welche der Mensch sich bis jetzt dienstbar gemacht hat und deren Arbeit auf Verwendung der Brennstoffe, der Kraft des fließenden Wassers und der Winde beruht. Da nun die Wärme den Kohlenstoff in den Pflanzen fixirt, die Winde entstehen und die Quellen hervorsprudeln läßt, so ist es die Sonne, welche unsere Mühlen dreht, die Locomotiven heizt und die Segel der Schiffe bläht. Unter welcher Gestalt wir auch jene Naturkräfte verwenden, stets borgen wir die Kraft von der Sonne, und sind noch weit davon entfernt, den größeren Theil der von dem Centralkörper zur Erde herabgesendeten Arbeitskraft uns dienstbar zu machen. Wenn die Wärme, welche in einem geringen Zeitraum eine mäßig große den Sonnenstrahlen ausgesetzte Fläche trifft, sehr beträchtlich ist, wie es die Experimente zeigen, wenn es ferner nicht schwer ist, diese Fläche vor dem Erkalten zu schützen und ihr einen bedeutenden Wärmeüberschuß über die Temperatur des umgebenden Mittels zu bewahren, so liegt der Gedanke nahe, die Arbeitskraft der Sonnenwärme aufzuspeichern. Es ist klar, wie wichtig ein solches Verfahren namentlich für die Tropenzone wäre, wo die Sonne ihre glühendsten Strahlen durch eine stets reine Atmosphäre herabsendet und wo überdies die Steinkohlen fehlen, mit denen wir unsere Maschinen in Betrieb setzen.

Wenn die wärmenden Sonnenstrahlen durch Luft oder Glas oder irgend einen anderen durchsichtigen Körper hindurchgegangen sind, so haben sie die Fähigkeit fast ganz verloren, diesen selben Körper im entgegengesetzten Sinne noch einmal zu durchlaufen und in den Weltraum zurückzukehren. Auf dies physikalische Gesetz gründet sich das Verfahren, mittelst dessen die Gärtner im Frühling das Wachsthum zarter Pflanzen befördern; sie bedecken dieselben mit einer Glasglocke, welche die Sonnenwärme eindringen, aber nur schwer wieder entweichen läßt. Setzen sie mehrere solcher Glocken übereinander, so steigt die Temperatur unter der innersten so beträchtlich, daß sie selbst in den mäßig warmen Tagen des April um die Mittagszeit die Glocke lüften müssen, wenn die Pflanzen nicht Schaden leiden sollen. Saussure brachte in einer innen geschwärzten und mit mehreren übereinander gelegten Gläsern verdeckten Büchse Wasser zum Kochen, und John Herschel konnte am Cap der guten Hoffnung in einer geschwärzten, mit nur einem Glase bedeckten Büchse, welche von einer zweiten ähnlichen umgeben war, ein boeuf à la mode von respectabler Größe gar kochen, ohne andere Wärme zu

verwenden, als die der Sonnenstrahlen, welche sich in dieser Mausefalle fingen. Die Temperatur der Büchse stieg allmählig auf 96 Grad.

Obgleich diese Art von Kochapparat uns als etwas ganz Neues erscheint, so ist er doch vielleicht in ähnlicher Weise schon von den Alten verwendet worden. Hundert Jahre vor unserer Zeitrechnung beschrieb Hero von Alexandrien unter einer großen Zahl sinnreicher Apparate auch eine Maschine, welche aus einem Reservoir Wasser schöpft einzig und allein vermittelst der Ausdehnung und der Zusammenziehung der Luft, welche abwechselnd den Sonnenstrahlen ausgesetzt und vor ihrer Einwirkung geschützt wird. Am Schlusse des sechzehnten Jahrhunderts beschrieb der Neapolitaner Porta in seiner „natürlichen Magie" eine mechanische Verwendung der Sonnenwärme. „Wenn man, sagt er, auf einem Thurme eine kupferne Hohlkugel aufstellt, von welcher ein Rohr in ein Wasserreservoir herabreicht, so wird unter dem Einfluß der Sonnenwärme die verdünnte Luft aus der unteren Oeffnung entweichen; sobald nun die Sonnenstrahlen die Kugel nicht mehr treffen, kühlt sich diese ab, die Luft zieht sich zusammen und das Wasser steigt in dem Rohre empor." In der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts ersann Salomon von Cauß eine Wasserhebungsmaschine, welche durch die Sonnenwärme in Betrieb gesetzt wurde. Er nannte sie den „continuirlichen Springbrunnen". Ueber einer Cisterne befindet sich eine Reihe von kupfernen Kästen, welche zum dritten Theil mit Wasser gefüllt sind. Ein horizontales Rohr liegt über ihnen und steht durch kleine vertikale Röhren mit dem Wasser der Kästen in Verbindung. Die durch die Sonnenwärme verdünnte und ausgedehnte Luft drückt auf das Wasser und treibt es in die obere horizontale Röhre. Dieselbe ist mit einer Oeffnung versehen, aus welcher nun ein Wasserstrahl hervorspringt. Während der Nacht bleibt die Oeffnung geschlossen, und da jetzt die Luft in den Gefäßen sich zusammenzieht, so wird durch eine Röhre, welche aus den Kästen in die Cisterne herabführt und mit einem Ventil versehen ist, das Wasser der Cisterne in die Kästen hinaufgesogen und ersetzt das während des Tages ausgespritzte Wasser. Das Spiel dauert so lange, als das Wasser der Cisterne vorhält.

Die Concentration der Sonnenwärme in einem mit Glas bedeckten Gefäße ist eine so leicht nachweisbare Thatsache, daß sie eigentlich längst hätte bekannt sein müssen. Obwohl nun auch hin und wieder Anwendungen hiervon gemacht worden sind, so ist doch Saussure der Erste gewesen, welcher diese Erscheinung wissenschaftlich studirt hat. Nach Saussure und Herschel haben sich mehrere Physiker mit diesem Gegenstande beschäftigt und sind zu Resultaten gelangt, die an sich interessant sind und noch weitere wichtige Entdeckungen hoffen lassen. So hat z. B. Mouchot in Tours einen Apparat erfunden, welcher ohne jegliche Feuerung das Wasser mit Leichtigkeit zum Kochen bringt. In einen Glaspokal stellt man ein ähnliches Gefäß aus dünnem Kupferblech und bedeckt das Ganze mit einem

Glasdeckel. Bringt man diesen einfachen Apparat in den Brennpunkt eines cylindrischen Silberspiegels, so erhitzen die von dem letzteren reflectirten Sonnenstrahlen in dem Gefäße 3 Liter Wasser von gewöhnlicher Temperatur in $1^1/_2$ Stunden bis zum Kochen. Als Reflector benutzt man einfach eine versilberte Kupferplatte von einem halben Quadratmeter Größe, welcher cylinderförmig gebogen wird. In diesem Apparate kochte Mouchot mit Hülfe der Sonnenstrahlen eine vollständige Mahlzeit, bestehend aus 2 Pfund Rindfleisch und einer entsprechenden Menge Gemüse. Obwohl mehrfach Wolken über die Sonne wegzogen, so war das Ganze doch in vier Stunden vollständig gar gekocht. In ein wenig veränderter Gestalt konnte er denselben Apparat als Backofen benutzen und in weniger als drei Stunden ein Brod von 2 Pfund Gewicht vollkommen fertig herstellen. Bei längerer Einwirkung gelang es, Zinn, Blei und Zink zu schmelzen, welche Metalle bei 188, 268 und 368 Grad flüssig werden. Noch manche ähnliche Experimente sind angestellt worden und haben gezeigt, daß wir die Sonnenwärme direct in unseren Dienst ziehen und ihr jene Arbeiten überweisen können, die wir durch die Kohlen verrichten lassen. Oft genug hört man die besorgte Frage aussprechen, was werden solle, wenn dereinst im Laufe der Jahrhunderte die Steinkohlenlager erschöpft sein werden, die wir jetzt in so reichem Maße in Anspruch nehmen? Vielleicht werden wir dann gelernt haben, uns die Sonnenstrahlen in weit höherem Grade dienstbar zu machen, so daß wir die Steinkohlen entbehren können.

Wir sahen, daß die Wärme der Sonnenstrahlen eine sehr beträchtliche mechanische Kraft repräsentirt; wie gewaltig muß da nicht die Wärme des Sonnenkörpers selbst sein. Man hat versucht, dieselbe zu bestimmen, und ist hierbei zu ganz ungeheuren Zahlen gelangt. So fand Soret $3^1/_4$ und Secchi $4^1/_2$ Millionen Grad. Und doch sind diese Zahlen noch zu niedrig, da bei den angewendeten Methoden nur diejenige Wärme ermittelt werden konnte, welche durch die Atmosphäre der Sonne hindurchgegangen war. Nimmt man an, daß diese letztere sich ähnlich gegen die Wärmestrahlen verhält, wie die Atmosphäre unserer Erde, so müßten jene Zahlen mindestens noch verdoppelt werden.

So über alle Begriffe groß ist die Temperatur des strahlenden Weltkörpers, um welchen die Planeten wandern. Sie ist es allein, welche unsere Erde erst bewohnbar macht, da die Wärme des Erdinnern keinen Einfluß auf die Organismen zu haben scheint. Noch im vorigen Jahrhundert glaubten Mairan, Buffon und Bailly, daß aus dem Inneren der Erde unausgesetzt eine sehr beträchtliche Wärmemenge in die Luft entweiche und zur Erhöhung unserer Lufttemperatur beitrage. Die Untersuchungen Fouriers zeigten, daß dies ein Irrthum ist und daß der Einfluß jener entweichenden Wärme auf die Temperatur der Luft den fünfundzwanzigsten Theil eines Grades nicht übersteigt. Die Oberfläche unseres

Planeten, welcher ohne Zweifel einstmals flüssig war, hat sich im Laufe der Jahrtausende soweit abgekühlt, daß sie keine Spur der ehemaligen Eigenwärme aufweist. Allerdings nimmt die Wärme zu, wenn man in die Tiefe hinabsteigt, und zwar für je 42 Meter um einen Grad, und wahrscheinlich hat die feste Erdrinde nur eine Dicke von 10—12 Meilen; jedenfalls schreitet die Abkühlung sehr allmählig weiter nach unten hin fort, indessen geht diese Wärmeabgabe so ungemein langsam vor sich, daß sie für die auf der Oberfläche lebenden Wesen durchaus keine Bedeutung hat. Wenn Buffon glaubte, das Leben auf der Erde müsse erstarren, sobald die Wärme des Erdinnern vollständig entwichen wäre, so ist dies also ein Irrthum.

Fragen wir jetzt zum Schluß, welche Temperatur der Weltraum besitzt. Diese Frage ist seit dem Anfang dieses Jahrhunderts Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen. Mag der unendliche Weltraum, welcher sich zwischen den Gestirnen ausbreitet, vollkommen leer oder mit einem uns noch unbekannten unendlich feinen Stoffe, den wir Aether nennen, erfüllt sein, so ist es doch sicher, daß die Fixsterne, welche sämmtlich Sonnen sind, leuchtende und wärmende Strahlen aussenden, so daß es auch hier nicht ganz an Wärme fehlen kann. Da die Sonne nicht an ihrer Stelle verharrt, sondern mit dem ganzen Heere der Planeten sich fortbewegt, so durchwandert die Erde immer neue Gegenden dieses unendlichen Raums, der wohl schwerlich überall die gleiche Temperatur besitzt. Fourier nahm an, daß die Gegend, in welcher sich unser Sonnensystem augenblicklich befindet, eine Temperatur von 45 bis 50 Grad unter Null besäße, und Arago folgerte aus den niedrigsten auf der Erde beobachteten Wärmegraden, daß jene Temperatur mindestens 50 bis 60 Grad unter Null betrüge. Mit Hülfe des sogenannten Actinometers wies Pouillet nach, daß auch dies noch zu hoch sei, und daß die Temperatur des Weltraums noch unter —112 Grad liegen müsse. Erst die vor wenigen Jahrzehnten aufgefundene mechanische Wärmetheorie, einer der fruchtbarsten Zweige der Physik, hat es möglich gemacht, diese Frage an der Hand der Mathematik zu discutiren. Da stellt es sich denn heraus, daß die Temperatur nicht bis in das Unendliche sinken kann, wie man bis dahin angenommen hatte, sondern daß es einen absoluten Nullpunkt giebt, bei welchem alle Wärme aus den Körpern entwichen ist. Dieser Punkt liegt 218 Grad unter dem Schmelzpunkt des Eises.

Nehmen wir nun einmal an, daß die Erde nicht mehr von den Sonnenstrahlen erwärmt würde, und sehen wir, welche Erscheinungen alsdann eintreten müßten. Zunächst würden alle Molecule der Luft ihre Wärme in den Weltraum ausstrahlen und nach und nach erkalten, da der Wärmeverlust nicht wieder ersetzt würde; die abgekühlten Luftschichten würden sich zusammenziehen, schwerer werden und zur Erde sinken, während andere noch wärmere und deshalb leichtere

emporstiegen und jetzt ihrerseits erkalteten. Nach Jahrhunderten würde alle Wärme der Erde, sowohl die des Inneren, als die der Oberfläche sich in den Weltraum zerstreut haben. Indessen würde diese Abkühlung in den verschiedenen Gegenden ungleich schnell vor sich gehen, je nachdem der Boden ein größeres oder geringeres Ausstrahlungsvermögen und die darunterliegenden Schichten ein besseres oder schlechteres Leitungsvermögen besäßen.

Da nun die unzähligen Fixsterne mit ihren Lichtstrahlen auch Wärmestrahlen aussenden, so muß die Temperatur des Weltraums über dem absoluten Nullpunkte liegen. Sobald nun unsere Erde bis zu diesem Punkte erkaltet wäre, würde sie aufhören, Wärme abzugeben und nun diese Temperatur unverändert behalten. Allein diese „Wärme“ würde eine entsetzliche Kälte sein, unvergleichlich schlimmer, als die eisige Temperatur unserer Pole, und würde alles irdische Leben von Grund aus vernichten.

Wir kommen also zu dem Schluß, daß weder die Temperatur des Erdinnern, noch die des Weltraums irgend einen nennenswerthen Einfluß auf die Oberfläche hat, und daß es allein die Sonnenwärme ist, welche den Kreislauf der Luft und des Wassers hervorruft, wie wir es in den folgenden Capiteln noch näher nachweisen werden.

## Zweites Capitel.

# Die Wärme der Atmosphäre.

Es ist für uns jetzt von Wichtigkeit, näher zu ermitteln, wie viel von der Wärme, die unaufhörlich von der Sonne ausgestrahlt wird, bei den meteorologischen Erscheinungen in unserer Atmosphäre ins Spiel kommt.

Die Meteorologie oder Witterungskunde ist nichts Anderes, als ein physikalisches Problem. Es handelt sich darum, die Gesetze zu ergründen, nach welchen sich die Wärme, der barometrische Druck, der Feuchtigkeitsgehalt und die electrische Spannung der Atmosphäre verändern, und hierbei die Strömungen näher in das Auge zu fassen, welche die Sonnenwärme in den flüssigen und luftförmigen Theilen unseres Planeten hervorruft. „Dies Problem, sagt Secchi, so gewaltig es auch sein mag, ist im Grunde nichts weiter als die Anwendung der bekanntesten physikalischen Gesetze. Die Schwierigkeiten der Lösung liegen weit mehr in der großen Zahl der störenden Ursachen, als in einer wirklichen Lücke der allgemeinen Theorie. Deswegen bedarf es einer sehr großen Zahl von Beobachtungen, um der Lösung nahe zu kommen.“

Wir können die Atmosphäre als eine ungeheure Maschine betrachten, welche alle Bewegung, die in der Natur herrscht, ins Leben ruft. Wenn diese Maschine auch keine Räder, Walzen &c besitzt, so verrichtet sie doch unaufhörlich die Arbeit mehrerer Millionen von Pferdekräften. Alle Bewegungen, welche in ihr vorgehen, werden verursacht durch die Eigenschaft der Gase, sich beim Erwärmen auszudehnen und beim Erkalten zusammenzuziehen. Indem sich nun das Volumen und damit die Dichtigkeit ändert, wird fortwährend das Gleichgewicht gestört, welches ohne solche Schwankungen der Temperatur in der Atmosphäre herrschen würde. Die in der Aequatorialgegend erhitzte Luft steigt in die Höhe und fließt nach beiden Seiten hin ab, um sich in den Polargegenden herabzusenken und dort

zu erkalten. Gleichzeitig strömt kalte Luft von den Polen nach dem Aequator hin, um sich dort zu erwärmen und nun ihrerseits aufzusteigen. Bei der Unterhaltung dieses Kreislaufs verrichtet die Atmosphäre eine ganz ungeheure Arbeit, welche nichts anderes ist, als die Wirkung der Sonnenwärme, die in diesem gigantischen Gasbehälter aufgespeichert war.

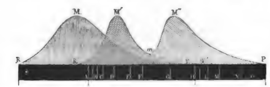
Zu dieser Eigenschaft der Atmosphäre kommt noch eine zweite nicht minder wichtige, nämlich das Vermögen, den Wasserdampf aufzulösen, welcher bei der ungemein starken Verdunstung in der Aequatorialgegend in ganz ungeheurer Menge mit der Luft in die Höhe steigt, von ihr mit fortgeführt wird und als befruchtender Regen wieder zur Erde gelangt. Damit wird eine andere nicht minder gewaltige Arbeit vollbracht, die Vertheilung des Regenwassers über den Erdkreis. Das Wasser, welches in Bächen und Flüssen unsere Maschinen treibt, ist durch die gewaltige Maschine der Atmosphäre in die Luft gehoben worden; von dort rieselt es als Regen oder Schnee herab, dringt in die Erde, kommt als Quelle zu Tage, sammelt sich zum Fluß und gelangt in den Ocean zurück, von dem es ausging. Die Sonne ist die Grundursache aller Bewegung in unserem Planetensystem; sie lenkt nicht nur die einzelnen Glieder desselben in ihren Bahnen und zwingt sie, ihren Umlauf zu vollenden, sie ruft auch auf den Planeten selbst alle physikalischen und physiologischen Phänomene hervor. Auf der Erde im Besonderen verdanken die Strömungen der Atmosphäre und des Wassers, die Entwickelung der Vegetation, und damit die Kraftentfaltung, welche beim Verbrennungsproceß stattfindet, sowie das Dasein der Thierwelt ihre Entstehung der Einwirkung der Sonnenstrahlen.

Wohl mögen wir die weise Einrichtung der Natur bewundern, die wärmende Kraft der Sonnenstrahlen gewissermaßen in den Pflanzen aufzuspeichern, nicht blos in den jetzt lebenden, welche wir zu unserer Erhaltung und zu anderen Zwecken täglich verwenden, sondern auch in denjenigen, welche seit vielen Tausenden von Jahren in den Tiefen der Erde ruhen und jetzt als Steinkohlen unsere Maschinen in Betrieb setzen. Jede Pflanze ist eine Maschine, in welcher die brennbaren Substanzen präparirt werden, welche bei Abwesenheit der Sonne uns Licht und Wärme geben sollen und als Nahrungsmittel die Blutwärme in unserem Körper erzeugen. „So ist die Sonne, sagt Secchi, die letzte Grundursache, von welcher alle Naturerscheinungen auf der Erde, ja unsere Existenz selbst bedingt werden."

Während wir die leuchtende und wärmende Kraft der Sonnenstrahlen sofort bemerken, erkennen wir weit schwerer eine dritte nicht weniger wichtige Thätigkeit derselben, nämlich ihre chemische Wirkung. Wir unterscheiden daher drei verschiedene Arten von Strahlen, welche uns die Sonne zusendet, nämlich leuchtende, wärmende und chemisch wirksame Strahlen. Die ersten schmücken die Natur mit

der Schönheit ewiger Jugend, die zweiten entfesseln die Naturkräfte, die letzten wirken das ewig neu entstehende und ewig wechselnde Gewebe des Lebens auf unserem Erdball. —

Wenn wir einen Sonnenstrahl näher untersuchen wollen, so lassen wir ihn bekanntlich durch ein dreiseitiges Glasprisma gehen, aus welchem er als ein farbiges Strahlenbündel heraustritt, wie wir schon bei Besprechung des Regenbogens näher erörtert haben. Allein das sichtbare Spectrum enthält nicht alle Strahlen, vielmehr setzt sich das bunte Band nach beiden Seiten hin unsichtbar fort. Die Wellen, deren Längen zwischen 761 und 396 Millontel eines Millimeters liegen, vermögen einen Eindruck auf unseren Sehnerven zu machen und rufen dadurch die Empfindung des Lichtes hervor, wobei sie 394 bis 758 Billionen Schwingungen in der Secunde vollführen. Die Verschiedenheit der Farben ist ausschließlich durch die Länge der Wellen bedingt; die längsten liegen im Roth, die kürzesten im Violett. Links von dem rothen Ende des Spectrums liegen die längeren und



Relative Intensität der wärmenden, leuchtenden und chemisch wirksamen Sonnenstrahlen.

langsamer schwingenden Wärmewellen, rechts von dem violetten Ende folgen die kurzen und schnellschwingenden Wellen der chemisch wirksamen Strahlen. Unser Auge sieht weder die ultra-rothen noch die ultra-violetten Strahlen und es bedarf gewisser Vorrichtungen, um ihr Vorhandensein nachzuweisen. So verschieden uns nun auch die drei Arten von Strahlen erscheinen mögen, so besteht doch der ganze Unterschied nur in der Größe der Wellenlänge, welche von den äußersten dunklen Wärmestrahlen bis zu den äußersten ebenfalls dunklen chemischen Strahlen fortwährend abnimmt. Nur ein kleiner Theil der zwischen diesen Grenzen liegenden Strahlen vermag unsern Sehnerv zu erregen und in unserem Auge die Empfindung des Lichtes hervorzurufen. Die Figur veranschaulicht die Ausdehnung und die relative Stärke dieser drei Strahlenarten, welche hier von einander getrennt sind, wie ein Prisma sie auseinanderlegt. Der dunkle Streifen am Grunde der Figur stellt die Länge des Sonnenspectrums vor; der leuchtende Theil geht von A bis H, rechts erstreckt sich der unsichtbare chemisch wirksame Theil von H bis P, links zwischen S und A liegen die gleichfalls unsichtbaren wärmenden Strahlen. Die oberhalb gezogenen krummen Linien geben die relative Intensität jeder Strahlengattung in den verschiedenen Theilen des Spectrums

an, so daß RMT die Intensität der Wärmestrahlen, R'M'T' und mM''P die Intensitäten der leuchtenden und chemischen Strahlen veranschaulichen. Man erkennt sofort, daß die Wärme ihre größte Intensität jenseits Roth, die chemische Wirksamkeit jenseits Violett erreicht, während der sichtbare Theil des Spectrums am hellsten bei Gelb ist.

Das Leuchtvermögen der einzelnen Strahlen beruht auf ihrer größeren oder geringeren Fähigkeit, den Sehnerven unseres Auges zu erschüttern. Es ist daher auch die Empfindlichkeit für die Wahrnehmung eines Lichteindrucks nicht für alle Augen dieselbe, und es ist wohl möglich, daß manche Thiere noch Strahlen jenseits des Roth und des Violett wahrnehmen, für welche unser Auge unempfindlich ist. Das reine Wasser besitzt in hohem Grade die Eigenschaft, die Wärmestrahlen zu absorbiren. Da nun die Flüssigkeiten im Inneren unseres Auges nur wenig von reinem Wasser verschieden sind, so werden hier die Wärmestrahlen zurückgehalten und können daher keinen Eindruck auf die Netzhaut machen.

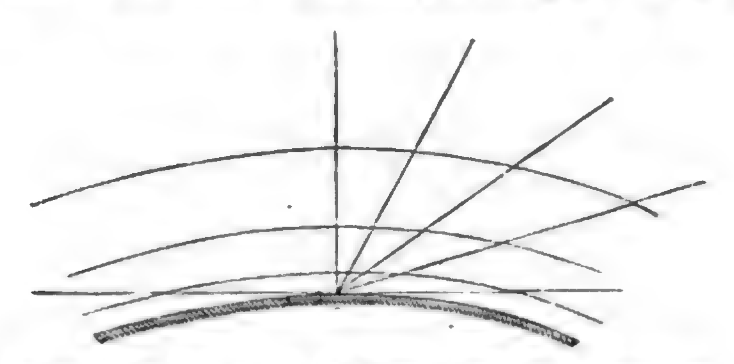
Das Intervall der dem Auge wahrnehmbaren Lichtwellen entspricht ungefähr einer Octave, wenn wir diesen in der Akustik gebräuchlichen Ausdruck auf die optischen Erscheinungen übertragen wollen; es ist damit bezeichnet, daß die äußersten violetten Strahlen ungefähr doppelt so schnell schwingen, als die äußersten rothen. Die Grenzen, innerhalb derer die Lichtwellen liegen, die den Menschen mit der Sonne verbinden, sind also sehr enge, und doch, wie ungeheuer ist die Mannigfaltigkeit der Lichteindrücke, wie entzückend die Abwechselung der Contraste! Mit Unrecht hat man lange Zeit die Lichtstrahlung für die einzige Thätigkeit der Sonne gehalten, die doch nur unbedeutend ist im Vergleich mit den beiden andern Strahlungen.

„Was haben, sagt Secchi, die winzigen und zarten Eindrücke, welche die Lichtwellen auf die kleine Netzhaut des menschlichen Auges ausüben, zu bedeuten im Vergleiche mit jenen großartigen Umgestaltungen der Materie, welche die Wärmestrahlen im Haushalte der Natur hervorbringen, oder im Vergleiche mit den molecularen Veränderungen, welche durch die chemischen Strahlen unausgesetzt in der ganzen Körperwelt erzeugt werden?"

Die Gase besitzen die Eigenschaft, die Wärmestrahlen zu absorbiren, und deshalb verschluckt unsere Atmosphäre einen sehr beträchtlichen Theil dieser Strahlen. Je länger die Wellen sind, um so leichter werden sie absorbirt, und es wird daher ein großer Theil der am wenigsten brechbaren Strahlen, welche in die Atmosphäre eindringen, dort zurückgehalten und gelangt nicht bis zu uns. Das Absorptionsvermögen der einfachen Gase, wie Sauerstoff und Stickstoff, ist nur geringe; wenn man den Druck von 5 bis 760 Millimeter steigert, so wächst das Absorptionsvermögen nur in dem Verhältniß wie 1 : 15. Anders ist es mit den zusammengesetzten Gasen, welche sich in unserer Atmosphäre vorfinden, wie Kohlensäure,

Ammoniak und Wasserdampf. Garibaldi in Genua hat durch eine Reihe von Experimenten nachgewiesen, daß wenn man das Absorptionsvermögen der Luft bei einem Druck von 760 Millimeter mit 1 bezeichnet, die absorbirende Kraft der Kohlensäure 92, des Ammoniak 546, des Wasserdampfes endlich 7937 ist. Der Wasserdampf übt schon bei einem Druck von 10 Millimeter eine hundertmal stärkere Absorption, als die atmosphärische Luft aus.

Ein sehr beträchtlicher Theil der dunklen Strahlen, welche die Sonne aussendet, wird daher von dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf aufgefangen und kann nicht bis zur Erde gelangen; die Lichtstrahlen werden weit weniger absorbirt, denn in demselben Verhältniß, als die Länge der Wellen abnimmt, wächst ihre Fähigkeit, durchsichtige Mittel zu durchdringen. Man kann die leuchtenden von den wärmenden Strahlen völlig trennen, indem man ein Bündel Sonnenstrahlen durch eine Schicht von Schwefelkohlenstoff gehen läßt, in welchem Jod



Ungleichheit der Dicke der von den Strahlen durchlaufenen Luftschichten.

aufgelöst ist. Alle leuchtenden Strahlen werden verschluckt, während die wärmenden nichts an ihrer Kraft verloren haben. Besitzt das Gefäß, welches die Flüssigkeit enthält, die Gestalt einer Sammellinse, so entwickelt sich in dem unsichtbaren Brennpunkte dieser Linse eine Temperatur, die ausreicht, leicht brennbare Körper, wie Schießpulver, zu entzünden. Als Tyndall sein Auge an die Stelle des Brennpunktes brachte, nahm er nicht den geringsten Lichteindruck wahr, und doch waren die hier gesammelten Wärmestrahlen im Stande, ein dünnes Platinblech bis zum Rothglühen zu erhitzen. Auf diese Weise fand Tyndall, daß diejenigen Wärmestrahlen der Sonne, welche zugleich leuchtend sind, nur den neunten Theil der dunklen Wärmestrahlen ausmachen.

Indem dir Atmosphäre einen beträchtlichen Theil der Wärme absorbirt, vernichtet sie dieselben nicht, sondern hält sie gewissermaßen in Reserve, um sie später zu unserem Vortheil zu verwenden. Sie wirkt ähnlich wie das Glasdach eines Treibhauses, indem sie die Wärmestrahlen eindringen läßt und hernach ihr Entweichen in den Weltraum verhindert. Die zur Erdoberfläche gelangenden Strahlen erwärmen nämlich die Körper und werden bei dieser Arbeit in Strahlen

von sehr großer Wellenlänge verwandelt. Solche Strahlen vermögen aber die Atmosphäre nicht mehr zu durchdringen, was eine Anhäufung der Wärme in den unteren Schichten zur Folge hat. Da überdies die nächtliche Strahlung durch die Gegenwart der Atmosphäre erheblich verringert wird, so erkaltet die Erde und ihre Pflanzendecke langsamer und weniger stark. Der Wasserdampf wirkt sehr kräftig in dieser Beziehung, und eine Schicht ganz feuchter Luft, welche nur wenige Meter dick ist, verzögert die nächtliche Strahlung schon ebenso sehr, als die ganze Atmosphäre.

Es giebt nun noch einen zweiten Vorgang, bei dem die Wärme absorbirt wird; jedesmal wenn Wasser aus dem flüssigen in den luftförmigen Zustand übergeht, wird eine bestimmte Wärmemenge gebunden. Da nun das Wasser täglich in sehr beträchtlicher Menge verdunstet, namentlich in der Aequatorial=

Absorption der Sonnenwärme durch die Atmosphäre.

gegend unter der Gluth der tropischen Sonne, so wird fortwährend eine sehr große Wärmemenge gebunden und existirt jetzt als sogenannte latente Wärme in dem Wasserdampfe. Bei der Verdampfung von einem Pfunde Wasser wird ebensoviel Wärme gebunden, als erforderlich ist, um die Temperatur von 430 Pfund Wasser um einen Grad zu erhöhen. Der Dampf hält diese große Wärme=menge zurück und giebt sie vollständig wieder ab, wenn er als Regen in den flüssigen Zustand zurückkehrt. Diese latente Wärme gelangt mit dem Dampf in die entlegensten Gegenden, und es wandert so eine Wärmemenge vom Aequator zum Pol, welche jeder Vorstellung spottet. Durch zahlreiche Versuche ist festgestellt worden, daß die Verdampfung in den Aequatorialgegenden jährlich eine Wasser=schicht von etwa fünf Meter Dicke in Dampf auflöst; da nun der in diesen Gegenden fallende Regen eine Schicht von etwa zwei Meter Höhe bilden würde, so wird also das Wasser einer Schicht von drei Meter Dicke in Dampfgestalt

Digitized by Google

gegen die Pole hin getrieben. Rechnet man die Zone, in welcher diese starke Verdunstung stattfindet, zu $3^1/_2$ Millionen Quadratmeilen, so findet man, daß eine Schicht von 3 Meter Höhe einer Wassermenge von 660 Billionen Kubikmetern entspricht. Die latente Wärme dieser ungeheuren Dampfmenge würde ausreichen, um einen Berg aus Eisen von 700 Kubikmeilen Inhalt zum Schmelzen zu bringen.

Diese gewaltige Wärmemenge reist gewissermaßen incognito mit dem Dampfe vom Aequator zum Pol, wird beim Uebergange des Dampfes in Wasser und Eis wieder frei und trägt so zur Milderung des Klimas jener traurigen Gegenden bei. Maury bemerkt, daß man ein ähnliches Resultat niemals mit Hülfe eines einfachen gasförmigen Körpers, wie Sauerstoff oder Stickstoff, erreichen würde, denn um dieselbe Wärmemenge durch ein solches Gas allein zu verbreiten, müßte dasselbe bis auf die Temperatur unserer Schmelzöfen erhitzt werden.

Die Dicke der von den Sonnenstrahlen durchlaufenen Luftschichten übt einen wesentlichen Einfluß auf die Wärme und das Licht aus. Wenn die Strahlen nicht senkrecht, sondern schief einfallen, so ist der Wärmeverlust um so größer, je mehr der einfallende Strahl von der senkrechten Richtung abweicht. Man hat diesen Verlust zu berechnen versucht und hat gefunden, daß ein horizontal einfallender Strahl eine absorbirende Luftschicht zu durchlaufen hat, welche 35 mal dicker ist als diejenige, welche der vertikale Strahl durcheilt. Die nächste Folge dieser Ungleichheit zeigt sich darin, daß das Licht der Sonne um so weniger hell ist, je näher sie dem Horizonte steht. Im Zenith und überhaupt bei höherem Stande ist ihr Glanz so blendend, daß kein menschliches Auge ihn zu ertragen vermag; dagegen können wir die röthliche Scheibe der auf- und untergehenden Sonne ohne Gefahr für das Auge betrachten. Aehnliches zeigt sich bei den Sternen; die weniger hellen werden erst in einer gewissen Höhe sichtbar und nur die Sterne erster Größe können wir auf- und untergehen sehen. Bezeichnet man mit 10,000 die Leuchtkraft, welche die senkrecht einfallenden Sonnenstrahlen besitzen, so ist nach Bouguers Untersuchungen ihre Intensität, wenn die Sonne im Horizont steht, gleich 74, bei einer Höhe von 1 Grad 194, bei 2 Grad 454, bei 3 Grad 802, bei 50 Grad 8123, d. h. die Sonne erscheint bei ihrem Aufgange 1354 mal weniger hell, als wenn sie im Zenith steht. Hierbei ist vorausgesetzt, daß der Himmel klar und die Luft rein ist, wogegen bei dunstiger Luft die Zahlen sich erheblich ändern.

Aehnlich wie die Lichtstärke hängt auch die wärmende Kraft der Strahlen von dem Einfallswinkel ab. Die genauesten Beobachtungen ergeben, daß die Atmosphäre $^{28}/_{100}$ der vertikal einfallenden Wärmestrahlen verschluckt und daß die gesammte Absorption für die erleuchtete Halbkugel fast $^3/_5$ der zugeführten Wärme beträgt. Setzt man die ursprüngliche Wärme der Sonnenstrahlen gleich 100, so ist die im Zenith durchgelassene Wärme gleich 72, bei einer Sonnenhöhe von 50 Grad

gleich 64, bei 30 Grad gleich 51, bei 10 Grad nur noch 16 und im Horizont endlich gleich Null.

Wir sahen oben, daß die Absorption der Wärme weniger durch die Luft selbst, d. h. durch das Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff, sondern vorzugsweise durch den Wasserdampf bewirkt wird, welcher in wechselnden Mengen in der Atmosphäre enthalten ist. Während die Lichtstrahlen bei einigermaßen hohem Stande der Sonne nur in geringem Grade verschluckt werden und zum großen Theil die Erdoberfläche erreichen, erleiden die Wärmestrahlen eine sehr starke Absorption. Wenn nun auch die Atmosphäre einen großen Theil der Wärme gar nicht zur Oberfläche der Erde gelangen läßt, so hält sie umgekehrt diejenige zurück, welche einmal den Boden erreicht hat, und läßt sie nicht wieder entweichen. Ohne die Atmosphäre und den in ihr enthaltenen Wasserdampf würde der Boden seine Wärme ungehindert in den Weltraum ausstrahlen und eine sehr starke Abkühlung erleiden, wie es auf hohen Bergspitzen in der That der Fall ist. Gleich nach Sonnenuntergang müßte auf die intensive Hitze, welche die ungehindert einfallenden Sonnenstrahlen hervorrufen würden, eine sehr starke Abkühlung folgen, und es würde eine ungeheure Kluft zwischen den höchsten und niedrigsten Temperaturen des Tages und des Jahres liegen. Dies findet wirklich auf dem hochgelegenen Plateau von Thibet statt und erklärt den überaus strengen Winter und das Sinken der Isothermen in diesen Gegenden. Tyndall sagt mit vollem Rechte: „Verschwände während einer einzigen Nacht der Wasserdampf aus demjenigen Theil der Atmosphäre, welcher über England ruht (und dasselbe gilt für alle Gegenden gleicher Breite), so würden alle diejenigen Pflanzen bei uns absterben, welche der Frost zu Grunde richten kann." In der Sahara, wo „der Boden aus Feuer und der Wind aus Flammen" besteht, begünstigt die trockene Luft die nächtliche Strahlung in so hohem Grade, daß die Kälte der Nacht oft kaum zu ertragen ist, ja daß sich in dieser so sehr heißen Gegend in der Nacht bisweilen sogar Eis bildet.

Die Feuchtigkeit ist nicht gleichmäßig durch die ganze Höhe der Atmosphäre vertheilt und wir werden später im fünften Buche sehen, daß sie von einer gewissen Höhe an rasch abnimmt. Da die Luft die Wärme um so leichter hindurchläßt, je trockener sie ist, so bleibt ganz trockene Luft kalt und wird wenig oder gar nicht von den Sonnenstrahlen erwärmt. Hat man sich über die unteren Regionen der Atmosphäre etwa bis zu einer Höhe von 7000 Fuß erhoben, so bemerkt man sehr deutlich, wie sehr die Wärme der Sonnenstrahlen die Temperatur der Luft übertrifft. Als Flammarion am 10. Juni 1867 um 7 Uhr Morgens im Ballon eine Höhe von 11,000 Fuß erreicht hatte, betrug der Unterschied der Temperaturen innerhalb und außerhalb der Gondel 12 Grad, indem das innerhalb, also im Schatten hängende Thermometer $6^1/_2$, das außerhalb in der Sonne hängende

Instrument $18\frac{1}{2}$ Grad angab. Während die Luftschiffer an den Füßen unangenehme Kühle verspürten, brannten ihnen die Sonnenstrahlen auf Nacken und Schultern und fielen ihnen in hohem Grade lästig. Die Wirkung war um so größer, da nicht der geringste kühlende Lufthauch die Atmosphäre bewegte. Bei einer anderen Luftfahrt betrug in einer Höhe von 12,800 Fuß der Unterschied der beiden Thermometer 16 Grad, indem das innere 7 Grad unter dem Gefrierpunkte blieb, während das äußere 9 Grad über Null angab.

Diese Abweichung der Luftwärme von der Temperatur eines Körpers, welcher den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, wird um so größer, je mehr die Feuchtigkeit der Luft abnimmt, und wir kommen somit zu dem Schlusse, daß der Wasserdampf die Hauptrolle bei dem Zurückhalten der Wärme an der Erdoberfläche spielt. Die im Luftballon über diesen Gegenstand ausgeführten Versuche sind zuverlässiger, als die auf dem Gipfel hoher Berge angestellten Beobachtungen, wo die Gegenwart des Schnees und die Strahlung des Erdbodens nicht ohne Einfluß bleiben können, während die Beobachtungen im Luftballon allen solchen Einwirkungen entzogen sind.

Der Einfluß der Höhe auf die Intensität der Wärmestrahlen an Orten, die in horizontaler Richtung nicht weit voneinander entfernt sind, ist neuerdings von Desains sehr sorgfältig untersucht worden. Er beobachtete im Schweizerhofe zu Luzern, während ein Gehülfe gleichzeitig dasselbe auf dem 4300 Fuß über dem Spiegel des Sees gelegenen Rigi-Culm that. Die Experimente ergaben, daß unter sonst gleichen Umständen die Intensität der Sonnenstrahlen auf dem Rigi weit beträchtlicher war, als in Luzern, aber daß sie an dem ersteren Orte weniger leicht durch eine Alaunlösung hindurchgingen.

Wir sehen aus diesen Betrachtungen, daß die Temperaturverhältnisse auf der Erde nicht allein von der Menge der von der Sonne ausgestrahlten Wärme abhängen, sondern daß sie wesentlich von der absorbirenden Kraft bedingt werden, welche die Luftschichten gegen die leuchtenden und wärmenden Strahlen ausüben. Gerade so verhält es sich mit den übrigen Planeten, und der Einfluß der Atmosphäre ist so erheblich, daß der Merkur, trotzdem er der Sonne so nahe ist, recht gut eine niedrigere Temperatur als die Erde haben kann, und daß Jupiter trotz seiner großen Entfernung möglicherweise sich einer eben solchen Wärme erfreuen kann, wie unser Planet.

Der Spectralanalyse, welche die Strahlen eines leuchtenden Körpers in ihre Elemente zerlegt und in diesen die Grundstoffe erkennt, die den Körper zusammensetzen, ist es neuerdings gelungen, die Natur der Atmosphären einiger Planeten zu enträthseln. Prüft man mit dem Spectroskop den Lichtstrahl, der von einem etwa eine Meile weit entfernten Feuer ausgeht, so zeigt sich, daß die von den Strahlen durchlaufene Luft einen Theil des Lichtes absorbirt und eine An-

zahl dunkler Linien in dem Spectrum erscheinen läßt, welche theils dem Stickstoff und Sauerstoff, theils dem Wasserdampf, der Kohlensäure und dem Ammoniak ihren Ursprung verdanken. Mit Hülfe dieser sinnreichen Methode sind wir im Stande, die Menge des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes für den Beobachtungsort festzustellen. Prüft man in ähnlicher Weise die Strahlen, welche von einem anderen Planeten, z. B. Venus, Mars und Jupiter kommen, so bemerkt man, daß das Spectrum der von ihnen reflectirten Sonnenstrahlen durch dunkle Linien unterbrochen ist, die von ihren Atmosphären herrühren, welche die Strahlen durchlaufen mußten. So hat man die Existenz der Planeten-Atmosphären, welche schon durch andere astronomische Beobachtungen angedeutet war, mit Sicherheit nachgewiesen und überdies bei den drei genannten die Gegenwart des Wasserdampfes festgestellt. Bei Jupiter und Saturn hat sich noch die Anwesenheit eines gasförmigen Körpers, der in unserer Atmosphäre nicht vorkommt, herausgestellt.

Der in der Atmosphäre verbreitete Wasserdampf spielt eine Hauptrolle bei der Ausgleichung der Temperaturen. In der scheinbar ruhigen Atmosphäre, welche den Erdball umhüllt, vollzieht sich langsam und in aller Stille vor unseren Augen, die doch nichts davon wahrnehmen, eine unaufhörliche Arbeit, die so gewaltig ist, daß keine menschliche Rechnung sie genau anzugeben vermag. Vor der hier wirkenden Kraft ist die Arbeit des Stickstoffs und Sauerstoffs so gut wie gar nichts, und die Millionen Centner von Kohlensäure, welche bei dem Lebensproceß der Pflanzen und Thiere eine so große Rolle spielen, sind ihr gegenüber verschwindende Größen. Der leichte und durchsichtige Wasserdampf, der von dem Spiegel eines klaren Sees aufstrebt, der Nebel, der über dem Meere schwebt, der Thau, welcher morgens die Kräuter netzt, die Wolken, die sich am Himmel ballen und sich in Regen und Schnee entladen, der Gießbach, der vom Felsen herniederschäumt, der mächtige Fluß, der dem Meere zueilt, Alles von der heißen Quelle bis zu dem eisigen Gletscher des Hochgebirges, von dem Tropfen, den die Schwalbe in raschem Fluge von der Oberfläche des Teiches schöpft, bis zu der blitzgeschwängerten Gewitterwolke — Alles dieses, das ganze mächtige System der Circulation des flüssigen Elementes auf unserer Erde verräth uns das Schaffen in einer Werkstätte, mit welcher verglichen die feurige Esse des Vulcan in den Tiefen der Erde unbedeutend erscheint. Das Leben und Treiben, welches in einem großen Lande, wie Deutschland oder Frankreich, unausgesetzt pulsirt, der Lärm und die Bewegung, welche auf den zahllosen Wasserstraßen und Eisenbahnen, in den Werkstätten und den Fabriken Tag und Nacht herrscht, ist ein Kinderspiel im Vergleich mit der Arbeit, welche die Natur in tiefem Schweigen bei dieser Circulation des Wasserdampfes verrichtet.

Nachdem wir die Arbeit der Sonnenwärme bei ihrem Durchgang durch die

Atmosphäre und an der Erdoberfläche betrachtet haben, müssen wir jetzt zur Vervollständigung dieses Ueberblicks bemerken, daß die Wärme in dem Grade abnimmt, als man sich in die Höhen der Lufthülle erhebt, weil sie nicht mehr von der mehr und mehr verdünnten Luft zurückgehalten wird. Wir sahen in einem früheren Capitel, daß der Luftdruck abnimmt, je weiter man sich von dem Grunde des Luftmeers entfernt; die Temperatur sinkt in ähnlicher Weise, und wir wollen die Größe dieser Abnahme näher prüfen, wie wir es früher mit der Abnahme des Luftdruckes gethan haben.

Wenn man sich im Ballon bei bewölktem Himmel erhebt, so sinkt die Temperatur gewöhnlich, bis man zu den Wolken gelangt; hat man diese durchschnitten, so steigt das Thermometer anfangs um mehrere Grade, um alsbald wieder zu sinken. Steigt man bei völlig klarem Himmel auf, so ist die Anfangstemperatur unter sonst gleichen Umständen höher, als bei bedecktem Himmel, und zwar entspricht der Unterschied ungefähr jener Temperaturerhöhung, welche man beim Verlassen der Wolken beobachtet. Fast immer trifft man in der Atmosphäre warme Luftschichten an und begegnet bisweilen vier oder fünf solcher Schichten bis zu sehr großen Höhen hinauf, so daß das Thermometer nicht fortwährend sinkt. Trotz solcher Unregelmäßigkeiten läßt sich unter allen Verhältnissen die Thatsache erkennen, daß die Temperatur mit wachsender Höhe abnimmt.

Flammarion hat bei seinen zahlreichen Luftreisen vielfache Beobachtungen über diesen Gegenstand angestellt und spricht sich über denselben folgendermaßen aus: „Die Abnahme der Lufttemperatur, welche eine so große Rolle bei der Bildung der Wolken und bei anderen meteorologischen Processen spielt, geht keineswegs immer in derselben Weise vor sich, sondern ändert sich nach der Tages- und Jahreszeit, der Windstärke, dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft 2c. Nur durch eine sehr große Zahl von Beobachtungen können wir dazu gelangen, ein bestimmtes Gesetz über die Temperaturabnahme abzuleiten, da mehrere Nebenursachen fortwährend störend einwirken, deren Einfluß erst genau erkannt und in Rechnung gestellt werden muß. Aus 550 im Ballon gemachten Beobachtungen, die weniger unzuverlässig sind, als die auf hohen Bergen gesammelten Erfahrungen, geht zunächst hervor, daß die Temperatur in ganz anderen Verhältnissen bei bedecktem als bei klarem Himmel abnimmt. In dem letzteren Falle sinkt sie schneller, als wenn der Himmel mit Wolken bezogen ist. Während die Wärme bei klarem Himmel im Durchschnitt für je 730 Fuß Erhebung um einen Grad sinkt, tritt bei bedecktem Himmel eine solche Temperaturerniedrigung erst bei 750 Fuß ein. In den Wolken selbst ist die Temperatur höher, als unmittelbar darunter oder darüber. In der Nähe des Bodens nimmt die Wärme schneller ab, als in höheren Regionen. Die Abnahme ist größer des Abends, als des Morgens, und ebenfalls größer an warmen, als an kalten Tagen. Man begegnet in der Luft bisweilen

Schichten, welche wärmer oder kälter sind, als ihrer Höhe entspricht, und welche die Atmosphäre gleichsam wie luftige Flüsse durchschneiden. Die Abweichung des im Schatten hängenden Thermometers von dem den Sonnenstrahlen ausgesetzten nimmt zu, je höher man sich erhebt."

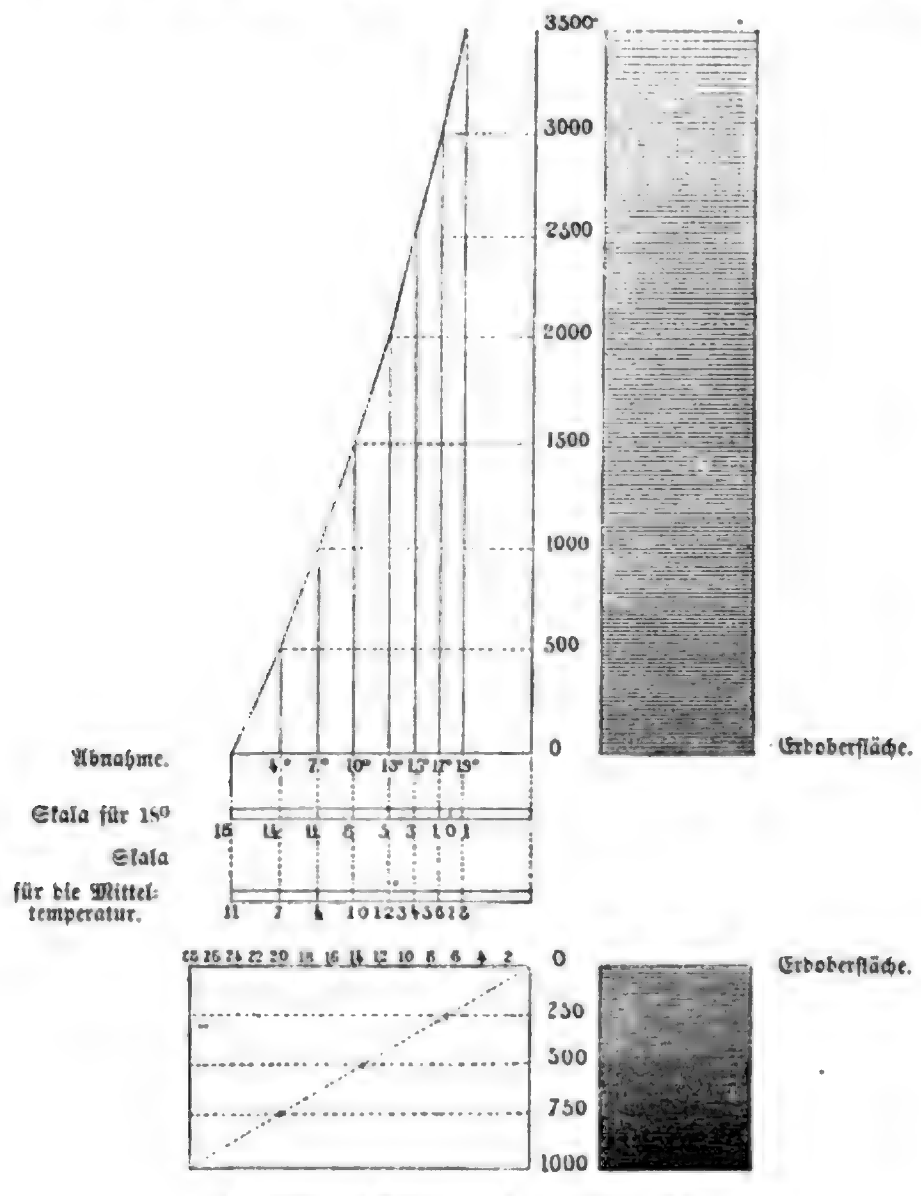
Die von Glaisher bei zahlreichen Luftfahrten gewonnenen Resultate stimmen mit den vorigen fast überein und ergeben eine Temperaturabnahme von einem Grad für eine Erhebung von 734 Fuß. Bei Beobachtungen, die auf Gebirgen angestellt wurden, erhielt man folgende Resultate. Humboldt fand in Süd-Amerika auf Bergspitzen eine Temperaturerniedrigung um einen Grad bei 740 Fuß Erhebung, bemerkt aber, daß auf Plateaus erst 932 Fuß dieselbe Wirkung liefern. Beobachtungen aus Indien geben 685 Fuß für den südlichen, 874 Fuß für den nördlichen Theil dieses Landes. In Sibirien fand man 960, in den Vereinigten Staaten 858 Fuß, kurz man gewinnt überall andere Zahlen. Wahrscheinlich übt hier die Gestaltung des Bodens einen nennenswerthen Einfluß aus. Wenn das Terrain langsam ansteigt, oder wenn die Landschaft aus einzelnen hintereinander liegenden Stufen besteht, so nimmt die Temperatur langsamer ab, als auf den Abhängen jäh ansteigender Gebirge. In dem ersten Falle sinkt die Temperatur durchschnittlich bei 900 Fuß, in dem zweiten bei 750 Fuß Erhebung um einen Grad.

Steigen wir nur hoch genug über die Erdoberfläche empor, so gelangen wir jedenfalls zu einem Punkte, an welchem die Temperatur des schmelzenden Eises herrscht. Denken wir uns an jedem Punkte des Bodens eine senkrechte Linie bis zu der Region errichtet, wo die Mitteltemperatur gleich Null ist, und durch die Endpunkte dieser Linien eine Fläche gelegt, so erhalten wir eine gekrümmte Oberfläche, deren Punkte sämmtlich die Temperatur des schmelzenden Eises besitzen. Ihr Durchschnitt mit der Erdoberfläche wird für die Erde die Isothermenlinie geben, wo die Mitteltemperatur gleich Null ist. In derselben Weise könnte man Isothermenflächen für jeden beliebigen Wärmegrad erhalten; dieselben entfernen sich gegen den Aequator hin von der Erdoberfläche und nähern sich ihr gegen die Pole hin.

Die Figur veranschaulicht das Abnehmen der Temperatur bei wachsender Höhe für Paris, dessen Mitteltemperatur 10,7° C. beträgt, wobei zu bemerken ist, daß die Wärme in Graden des hunderttheiligen Thermometers, die Höhen in Metern angegeben sind. Man sieht sofort, daß eine Erhebung von 500 Metern die Temperatur um 4 Grad erniedrigt, während bei einer Erhebung von 1000 Metern das Thermometer um 7 Grad sinkt, u. s. f. Herrscht daher beispielsweise am Boden eine Wärme von 18° C., so beträgt die Temperatur in 500 Meter Höhe nur noch 14° und ist gleich Null bei 2750 Meter. Für die mittlere Temperatur liegt der Nullpunkt in einer Höhe von 1670 Meter. Die daneben-

stehende Zeichnung giebt die Temperaturabnahme durch die hellere Färbung an. Die untere Figur stellt die Zunahme der Temperatur bei wachsender Tiefe unterhalb des Erdbodens dar.

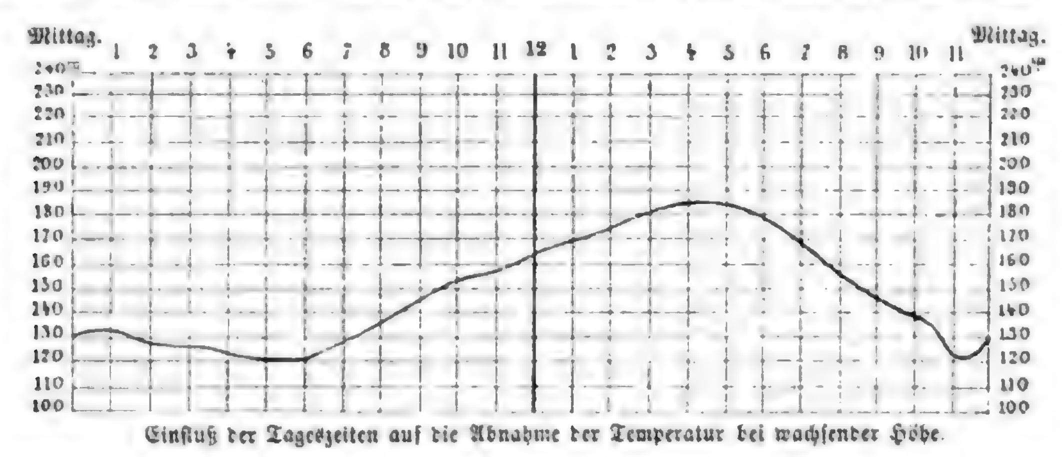
Wir müssen noch hinzufügen, daß diese Temperaturabnahme sich mit den




Abnahme der Temperatur bei wachsender Höhe.

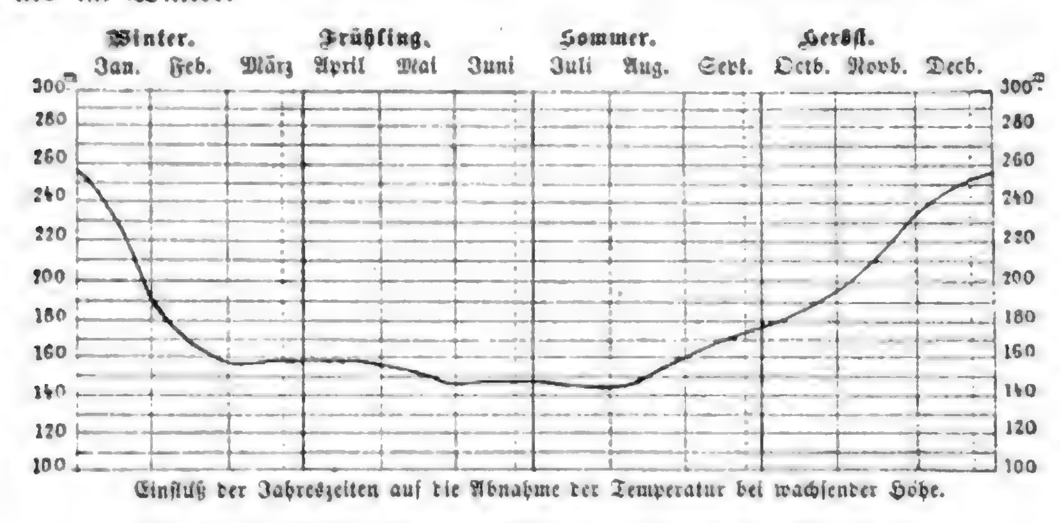
Tages- und Jahreszeiten ändert. Die Beobachtungen, welche Saussure während 17 Tagen auf dem Col du Géant in der Höhe von 10,600 Fuß über dem Meere anstellte, während gleichzeitig in Genf (1265 Fuß) und in Chamouny (3440 Fuß) beobachtet wurde, haben den Einfluß der Tageszeiten außer Zweifel gestellt, ebenso die Beobachtungen von Kämptz auf dem Rigi, mit denen Beobachtungen in Basel, Bern und Zürich correspondirten. Aus der Figur (folgende Seite) ist zu ersehen, bis zu welcher Höhe man sich in den einzelnen Tagesstunden erheben muß, um eine Erniedri-

gung von einem Grade des hunderttheiligen Thermometers zu erhalten, wobei zu beachten ist, daß die entsprechenden Höhen in Metern angegeben sind. Auch der Einfluß der Jahreszeiten macht sich in unseren Breiten deutlich bemerkbar. Die



Einfluß der Tageszeiten auf die Abnahme der Temperatur bei wachsender Höhe.

nächste Figur veranschaulicht denselben in ähnlicher Weise, wie die vorhergehende den Einfluß der Tageszeiten. Man erkennt sofort, daß die Wärmeabnahme am schnellsten um 5 und um 11 Uhr Vormittags erfolgt und daß sie im Sommer größer ist, als im Winter.



Einfluß der Jahreszeiten auf die Abnahme der Temperatur bei wachsender Höhe.

## Drittes Capitel.

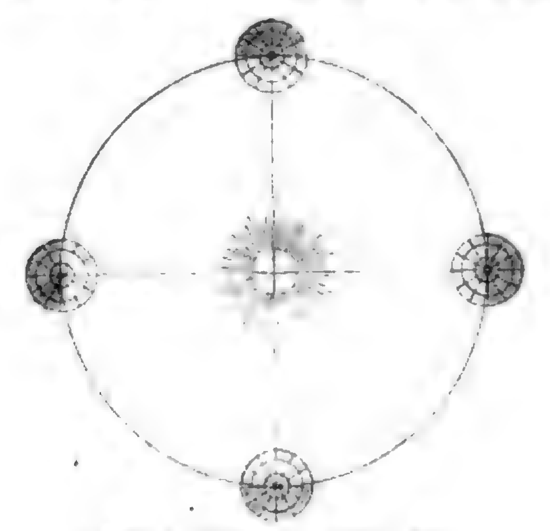
# Die Jahreszeiten.

Die Kraft, mit welcher die Sonne auf die Erdoberfläche wirkt, verändert sich bekanntlich von Tag zu Tag, von Woche zu Woche, und vollendet im Laufe eines Jahres einen ziemlich regelmäßigen Kreislauf. Die Verschiedenheit der Jahreszeiten wird durch die Veränderlichkeit des Winkels hervorgerufen, unter welchem die Sonnenstrahlen den Boden treffen, und diese Veränderlichkeit hat wieder ihre Ursache in der schiefen Stellung der Erdaxe zu der Ebene der Erdbahn. Um uns genauere Rechenschaft über den Gang der Temperatur in den einzelnen Jahreszeiten geben zu können, müssen wir den Einfluß näher betrachten, welchen die Stellung der Axe ausübt.

Wir sahen, daß unser Planet die Sonne in einem Jahre umkreist und sich zugleich in 24 Stunden um seine Axe dreht. Nehmen wir zunächst an, diese Axe stände senkrecht zu der Bahnebene, wie es beinahe bei dem Jupiter der Fall ist, dessen Axe nur um drei Grad von dieser Lage abweicht. Alsdann würden während des ganzen Jahres Tag und Nacht einander gleich sein, die Sonne stände immer im Himmelsäquator, beschriebe täglich denselben Bogen oberhalb des Horizontes und erreichte mittags stets dieselbe Höhe. Unter dem Aequator würde die Sonne um die Mittagszeit stets im Zenith stehen, während die Pole sie stets im Horizont erblickten, also nur von ihren Strahlen gestreift würden. Bei einer solchen Stellung der Erdaxe würde es gar keine Jahreszeiten geben und die Temperatur würde langsam vom Aequator nach den Polen hin abnehmen.

Setzen wir nun den Fall, daß die Rotationsaxe in der Ebene der Bahn selbst läge. Alsdann würde zur Zeit des Solstitiums die Sonne in der Verlängerung der Axe stehen, so daß der eine Pol sie im Zenith, der Aequator sie im Horizonte erblickte; für die der Sonne zugewendete Halbkugel ginge dieselbe

nicht unter, während die abgewendete ganz in Nacht gehüllt wäre. Nach einem Vierteljahre würde die Sonne im Himmelsäquator stehen und Tag und Nacht für alle Punkte der Erde gleich lang sein; für den Aequator stände sie jetzt im Zenith, während die Pole nur von ihren Strahlen gestreift würden. Wieder nach einem Vierteljahre wäre der zweite Pol der Sonne zugewendet und erblickte sie im Zenith, während sie für den Aequator wieder im Horizont stände. Nach Vollendung von drei Viertel des Erdumlaufes kehrte die zweite Stellung wieder und Tag und Nacht wären zwischen beiden Halbkugeln gleich vertheilt. Bei einer solchen Stellung der Axe würde daher jeder Punkt der Erde, selbst die Pole, die Sonne während eines Jahres zweimal im Zenith erblicken (mit Ausnahme der Pole, für welche diese Stellung nur einmal eintreten könnte), und für jeden würde einige Tage lang die Sonne nicht untergehen und ein halbes Jahr



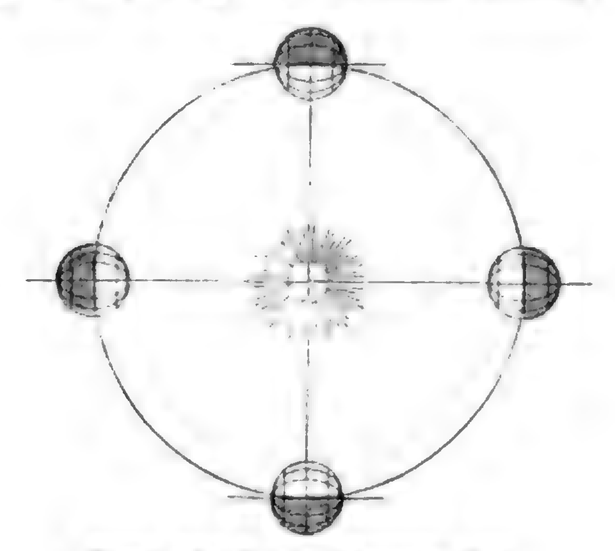
Planet mit senkrecht gestellter Axe.

später nicht aufgehen, so daß jeder Punkt der Erdoberfläche eine Zeit lang der kalten und eine Zeit lang der heißen Zone angehörte.

Nehmen wir endlich an, daß die Axe sich nicht in einer der betrachteten extremen Lagen befindet, sondern eine Mittelstellung einnimmt und mit der Ebene der Bahn einen Winkel von 66½ Grad bildet, wie es bei unserer Erde stattfindet. Alsdann bildet die Ebene des Aequators mit der Ebene der scheinbaren Sonnenbahn oder Ekliptik einen Winkel von 23½ Grad, und dieser sogenannten „Schiefe der Ekliptik" verdanken wir den Unterschied der Jahreszeiten.

Da die Axe immer mit sich parallel bleibt, während die Erde ihren Umlauf um die Sonne vollführt, so müssen an den beiden äußersten Punkten der Bahn einmal der Nord- und einmal der Südpol am stärksten von der Sonne erleuchtet werden, während jedesmal der entgegengesetzte Pol völlig im Dunkel liegt. Es findet dies zur Zeit der Solstitien oder Sonnenwenden statt. Am 21. Juni, dem Sommersolstitium für unsere Halbkugel, erhebt sich die Sonne für den Nordpol

$23^1/_2$ Grad über den Horizont, während umgekehrt zur Zeit unseres Wintersolstitiums am 21. December der Südpol sie in derselben Höhe erblickt. Am 20. März steht die Sonne im Himmelsäquator; jetzt empfangen beide Halbkugeln genau gleich viel Licht, und der Bogen, welcher den erleuchteten von dem nicht erleuchteten Theil der Erde trennt, geht durch beide Pole. Es folgt hieraus, daß jeder Punkt bei der täglichen Drehung der Erde einen Halbkreis im Lichte, den andern in der Dunkelheit beschreibt, d. h. daß überall der Tag gleich der Nacht ist. Genau dieselbe Stellung nimmt die Erde am 22. September ein, wo abermals für alle Punkte ihrer Oberfläche Tag und Nacht einander gleich sind. Diese beiden Punkte nennt man daher die Aequinoctien oder Nachtgleichen. In der Zeit vom Frühlings- bis zum Herbstäquinoctium übertrifft auf der nördlichen



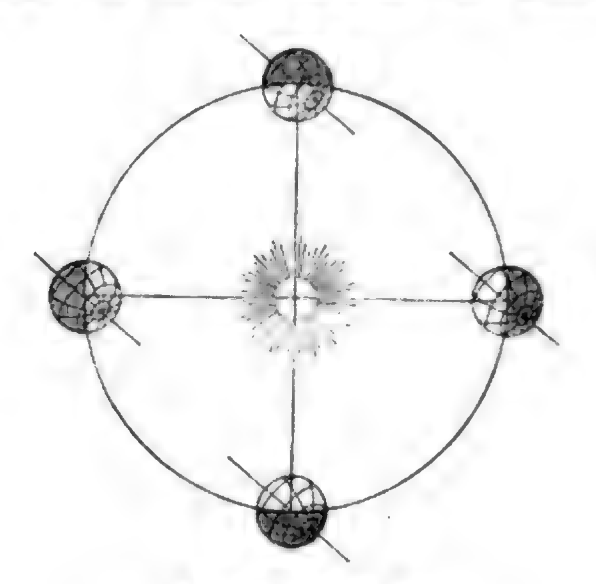
Planet, dessen Axe in der Bahnebene liegt.

Halbkugel der Tag die Nacht an Länge, während in der zweiten Hälfte des Jahres das umgekehrte Verhältniß stattfindet.

Prüfen wir jetzt, wie sich die Temperaturverhältnisse in den einzelnen Jahreszeiten gestalten müssen. Arago schildert den Verlauf dieser Aenderungen folgendermaßen. Am 21. März wird auf unserer ganzen Halbkugel der Boden während 12 Stunden hinter einander erwärmt, aber gleichzeitig wird er durch Strahlung gegen den Weltraum während dieser selben 12 Stunden und auch während der darauf folgenden 12 Stunden der Nacht, im Ganzen also während 24 Stunden abgekühlt. Es läßt sich daher nicht von vornherein bestimmen, ob die Wärmezufuhr den Wärmeverlust übertrifft. Aber sehen wir, was am 22. März geschieht. An diesem Tage erhitzen die Sonnenstrahlen den Boden etwas länger als 12 Stunden, dagegen dauert die Ausstrahlung ebenfalls wie am vorigen Tage 24 Stunden. Daß aber die wärmende Wirkung, obschon sie nur etwa 12 Stunden dauert, in dieser Zeit des Jahres die Abkühlung übertrifft, und daß die Luft

mehr Wärme gewinnt als verliert, geht daraus hervor, daß wenn man von zufälligen Nebenumständen absieht, die Temperatur des 22. im Allgemeinen höher ist, als die des 21. Zu demselben Resultate gelangen wir, wenn wir die Temperaturen des 23. und 22. vergleichen und so fort.

Der Effect der Wärmestrahlen der Sonne wird bis zum 21. Juni immer bedeutender, weil die Dauer ihrer Einwirkung allmählig zunimmt, da die Tageslänge bis zu dem Solstitium wächst. Indessen ist dies nicht die einzige, wenn auch die hauptsächlichste Ursache der Wärmezunahme. Betrachten wir den Winkel, unter welchem die Sonnenstrahlen Mittags die Erdoberfläche treffen, so sehen wir, daß derselbe bis zum 21. Juni immer mehr wächst, mithin werden die Wärmestrahlen immer weniger von der Luft absorbirt und gelangen um so kräftiger



Schiefe Stellung der Axe.

zum Boden. Noch eine dritte, ebenfalls wichtige Ursache der Wärmezunahme muß hier angeführt werden. Man kann die Sonne als den Mittelpunkt einer Kugel ansehen, von welchem nach allen möglichen Richtungen Strahlen ausgehen. Wenn man nun in einer gewissen Entfernung von diesem Mittelpunkte eine horizontale Fläche von einer bestimmten Ausdehnung der Wirkung dieser divergirenden Strahlen aussetzt, so werden um so mehr Strahlen diese Fläche treffen, je mehr ihre Richtung sich der auf den Strahlen senkrechten Richtung nähert. Es ist nun einleuchtend, daß jede horizontale Fläche auf der nördlichen Halbkugel an jedem Mittage vom 20. März bis zum 21. Juni sich in immer günstigerer Lage den Sonnenstrahlen entgegenstellt. Kurz, vom 20. März bis zum 21. Juni empfängt in unseren Gegenden der Boden von Tag zu Tag mehr Sonnenstrahlen; dieselben kommen zu uns unter stets wachsendem Winkel und überdies nimmt die Dauer ihrer Einwirkung fortwährend zu.

Die Temperaturzunahme geht aber über den 21. Juni hinaus. Da die Tage länger bleiben als die Nächte, so empfängt unsere Halbkugel auch jetzt noch mehr Wärme, als sie durch Strahlung bei Tage und bei Nacht verliert. Da indessen die Strahlen allmählig schiefer einfallen und die Tageslänge sich verringert, so stellt sich ungefähr in der Mitte des Juli das Gleichgewicht zwischen Wärmezunahme und Wärmeverlust ein; wir haben jetzt das Maximum der Temperatur erreicht. Für Paris findet dies am 15. Juli statt.

Es erhellt, daß, während die Tage bis zum 21. December immer kürzer werden, die Wirkung der Sonnenstrahlen fortwährend abnimmt, daß die Strahlen immer mehr geschwächt werden, da sie immer dickere und weniger durchlässige Schichten zu passiren haben und daß sie um Mittag und in den benachbarten Stunden immer schiefer einfallen, so daß sie weniger kräftig zur Erdoberfläche gelangen. Dies Alles zusammen bewirkt für jeden Ort der nördlichen Halbkugel ein stetiges Sinken der Temperatur; doch versteht es sich nicht von selbst, daß zwischen der Ausstrahlung in den Weltraum und den in fortwährender Abnahme begriffenen Erwärmungsursachen am 21. December, dem Tage des Wintersolstitiums, eine Ausgleichung stattfinden muß. In der That ergeben die Beobachtungen, daß für Paris dieser Ausgleich erst am 14. Januar eintritt, d. h. daß abgesehen von zufälligen Störungen die Mitte des Januar die kälteste Zeit des Jahres ist. Von hier bis zu der Mitte des Juli nimmt die Temperatur beständig zu, wie wir es vorhin erläutert haben, indem wir von dem 21. März ausgingen.

Dieselbe Reihe von Schlüssen würde sich für einen Ort der südlichen Halbkugel anwenden lassen, nur würden wir finden, daß die wärmsten Monate der nördlichen die kältesten für die südliche Halbkugel sein müssen und umgekehrt.

Die astronomischen Jahreszeiten läßt man mit den Aequinoctien und Solstitien beginnen. Der Frühling fängt an am 20. März, der Sommer am 21. Juni, der Herbst am 22. September und der Winter am 21. December. Indessen müssen wir als meteorologische Jahreszeiten andere Zeitabschnitte wählen, welche so liegen, daß die größte und die geringste Wärme in die Mitte einer derselben fallen. Da nun das Maximum und das Minimum der Temperatur nicht für alle Orte auf dieselben Tage fallen, so müßten eigentlich die verschiedenen Gegenden ihre Jahreszeiten von verschiedenen Zeitpunkten an rechnen. Weil nun aber für das mittlere Europa die größte Kälte durchschnittlich um die Mitte des Januar eintritt, während die heißeste Zeit in die Mitte oder gegen Ende des Juli fällt, so haben die Meteorologen folgende Eintheilung der Jahreszeiten festgestellt. Jede derselben umfaßt drei volle Monate; der Winter beginnt am 1. December und reicht bis zum 28. Februar; der Frühling umfaßt den März, April und Mai, der Sommer den Juni, Juli und August, der Herbst den September, October

und November. Diese Eintheilung entspricht am besten dem durchschnittlichen Verlaufe der Temperatur.

Auf der südlichen Halbkugel sind die Jahreszeiten den unsrigen gerade entgegengesetzt. Dort erreicht die Sonne ihre größte Höhe zur Zeit unseres Wintersolstitiums am 21. December, welches daher für diese Halbkugel das Sommersolstitium ist. Umgekehrt hat zur Zeit unseres Sommersolstitiums die Sonne dort ihre geringste Höhe und es herrscht daher jetzt Winter. Ebenso fällt unser Frühling mit dem Herbste unserer Antipoden zusammen und umgekehrt.

Diesem harmonischen Reigen der Jahreszeiten verdankt die Erde ihr stets wechselndes Ansehen. Jeder Frühling ist die Zeit der Auferstehung für die zu neuem Leben erwachende Erde, welche übergossen von den befruchtenden Strahlen der Sonne sich mit neuer Jugend schmückt. „Ihr Jahreszeiten, ihr geliebten Töchter des Zeus und der Themis, rief schon vor 3000 Jahren Orpheus, die ihr uns mit Gütern überschüttet! Ihr Jahreszeiten, grünend, blühend, rein und herrlich! Ihr Farbengeschmückten, die ihr süßen Duft haucht, ihr ewig Wechselnden: hört gnädig unser Gebet, und sendet uns zur Hülfe die günstigen Winde, welche die Erndte zur Reife bringen!"

Nachdem wir die astronomischen Ursachen erörtert haben, welche die Jahreszeiten hervorrufen, wollen wir sehen, welche Folgen das Steigen und Sinken der Temperatur hat. Die Erde vollendet in einem Jahre ihren Umlauf um die Sonne und kehrt zu demselben Punkte ihrer Bahn zurück, nachdem sie nach einander beide Pole dem leuchtenden und wärmenden Centralkörper dargeboten hat. Gehen wir vom Frühling aus, so sehen wir den Schnee, welcher einen großen Theil der nördlichen Halbkugel bedeckte, verschwinden, um einer kräftigen Vegetation Platz zu machen. Die Bäume bedecken sich mit Laub und die Kräuter, welche der Winter absterben ließ, sprossen aufs Neue aus ihren Samen empor und wetteifern in ihrem Blätterschmuck mit den perennirenden Gewächsen. Samen und Wurzelschößlinge sichern die Fortpflanzung und die gesellig lebenden Pflanzen, Bäume wie Kräuter, erobern sich Bodenstrecken, über welche sie sich ausbreiten. Eine der merkwürdigsten Folgen von dem Wechsel der Jahreszeiten ist die Thatsache, daß wir die reichen Erndten, welche in Europa etwa den vierten Theil des ganzen Menschengeschlechtes ernähren, ebensowohl dem Winter, als dem Frühling, welcher das Getreide zur Entwickelung bringt, und dem Sommer, welcher die Körner reift, verdanken. In der That, wenn die Getreidepflanzen im Winter nicht zu Grunde gehen müßten, wenn sie nicht nach botanischer Bezeichnung jährliche Pflanzen wären, so würden sie nicht in Aehren schießen und nicht die Erndten bringen, welche seit Ceres und Triptolemus die Ernährung der zahlreichen Bevölkerung Europas gesichert haben. Um sich hiervon zu überzeugen, braucht man nur weiter nach Süden, nach Afrika oder nach dem heißen Theile Asiens und

Amerikas zu gehen. Sobald man ein Klima erreicht hat, in welchem der Winter die Getreidepflanzen nicht tödtet, nehmen sie den Habitus unserer Gräser an; sie treiben Wurzelschößlinge und bringen weder Aehren noch Samen. Dort treten andere Nährpflanzen auf, wie die Durrah und verschiedene Knollengewächse.

Am Schlusse des Frühlings und im Beginn des Sommers begünstigt die steigende Wärme der weiter nach Norden gerückten Sonne in unseren Gegenden bis zum Pole hin die Fortpflanzung aller Thierarten. Säugethiere, Vögel, Amphibien, Fische, Insekten, Weichthiere, selbst die kleinsten mikroskopischen Thierchen bevölkern den Erdboden und das Meer theils durch Fortpflanzung an Ort und Stelle, theils durch Einwanderung.

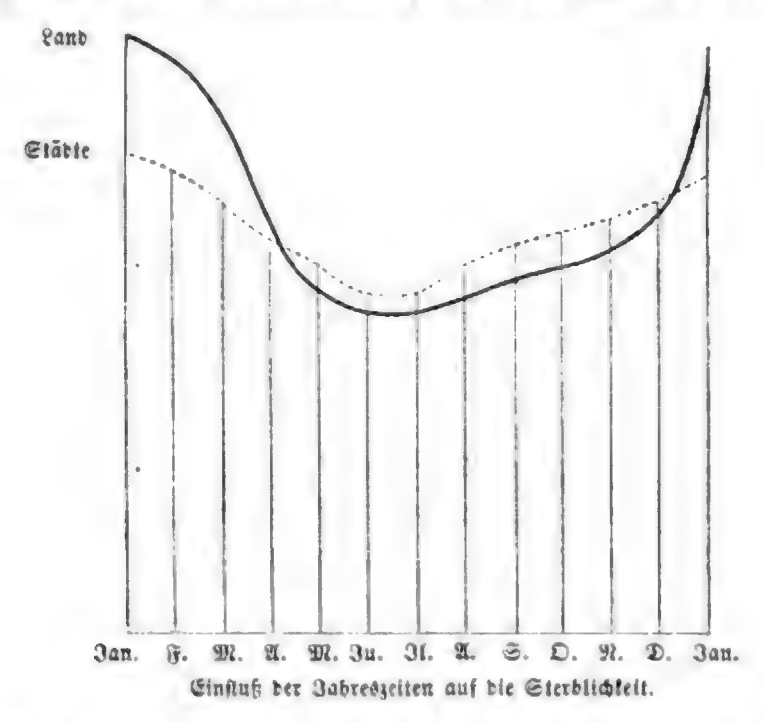
Verfolgen wir die Sonne auf ihrem Rückwege nach Süden, so sehen wir zunächst, wie die Wärme mit der mittäglichen Sonnenhöhe sinkt, Tag und Nacht werden gleich und schließlich endigt der Herbst für das mittlere Europa mit einem Tage von 8 und einer Nacht von 16 Stunden. Der Winter tritt ein, und wenn auch seine Tage mit denen des Herbstesanfangs ziemlich von derselben Dauer sind, so ist er doch kälter, weil er auf eine kühle Jahreszeit folgt, ähnlich wie der Sommer, dessen Tage in Hinsicht der Länge anfangs denen des Frühlings gleichkommen, doch viel heißer ist, als dieser, weil er seine Strahlen auf ein bereits erwärmtes Erdreich ausgießt.

Kaum haben die Tage ihre größte Länge erreicht, da nehmen sie rascher und rascher ab; kaum hat die Jugend in voller Schönheit geglänzt, da meldet sich schon der Herbst des Lebens. Aber kaum ist der Tag auf seine kürzeste Dauer gesunken, da nimmt er schon wieder zu; wir können auf der Erde nichts Aehnliches für die Tage unseres Lebenswinters hoffen, die bestimmt sind, im kalten Grabe zu erlöschen.

In den folgenden Capiteln werden wir den Verlauf einer jeden Jahreszeit und ihre charakteristischen Eigenthümlichkeiten specieller schildern; hier wollen wir nur noch diese allgemeine Skizze dadurch vervollständigen, daß wir den Einfluß der Jahreszeiten auf das menschliche Leben an der Hand der Statistik, die heute vor nichts mehr Respect hat, betrachten.

Wenn wir zunächst die Sterblichkeit ins Auge fassen, so finden wir, daß sie in den einzelnen Monaten sehr verschieden ist. Ueber diesen interessanten Gegenstand sind schon viele Untersuchungen angestellt worden und haben sämmtlich ergeben, daß in unseren Gegenden die Strenge des Winters im Allgemeinen verderblich für das Menschengeschlecht wird. Das Leben der Pflanzen und Thiere ist auf das Engste mit dem Gange der Jahreszeiten verknüpft, wie wir später noch näher sehen werden, und auch das Leben des Menschen, wenn es auch viel selbständiger und unabhängiger ist, kann sich doch nicht den elementaren Gesetzen der irdischen Natur, welche unsern Leib gebildet hat, entziehen.

Quetelet hat die Sterblichkeitsverhältnisse in Belgien einer näheren Prüfung unterzogen und gefunden, daß die kleinen Kinder am empfindlichsten gegen die Schwankungen der Temperatur sind. Für das erste Lebensjahr fällt die größte Sterblichkeit in den Sommer, namentlich in den August, die geringste in den April und November. Nach dem ersten Jahre ändert sich dies Verhältniß vollständig, indem die größte Sterblichkeit auf den Winter, die geringste auf den Sommer kommt. Vom 8. bis zum 12. Jahre verschieben sich die Punkte etwas und rücken in der Reihe der Monate vorwärts bis zur Pubertät, wo die meisten Todesfälle im Mai, die wenigsten im October eintreten. Nach der Pubertät geht das Maximum rückwärts bis zum 25. Jahre, von wo ab es bis zum spätesten Alter unveränderlich auf den Februar fällt, während das



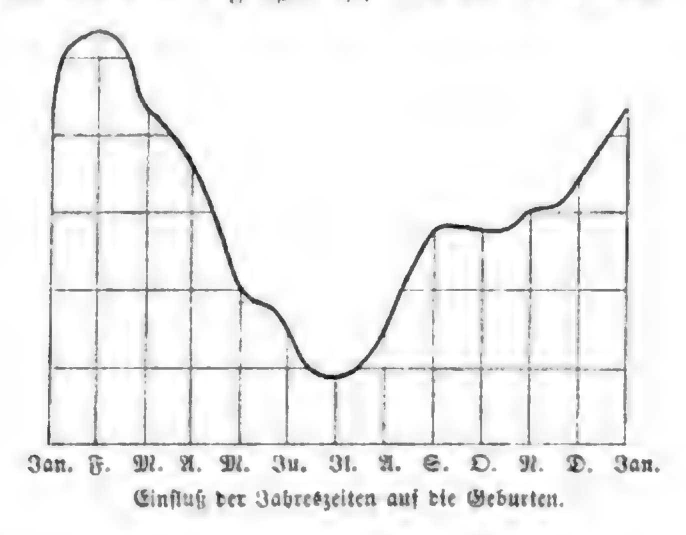
Einfluß der Jahreszeiten auf die Sterblichkeit.

Minimum im Sommer verharrt. In keinem Alter macht sich der Einfluß der Jahreszeiten so fühlbar, wie in der Kindheit und im Greisenalter, und in keinem weniger, als in der Zeit zwischen 20 und 25 Jahren, wo der Körper vollständig entwickelt ist und sich seiner vollen Kraft erfreut. In der Figur veranschaulicht die ausgezogene Linie die Sterblichkeit in Belgien und Frankreich mit Ausschluß der großen Städte, während die punktirte Curve dasselbe für diese letzteren thut. Man erkennt sofort, daß der Einfluß der Jahreszeiten für das Land ungleich stärker ist, als für die Städte, wo man weit mehr Mittel besitzt, die Ungleichheit der Temperatur unschädlich zu machen.

Gehen wir jetzt zu den Geburten über. Das hierüber gesammelte Material stellt auf das Deutlichste eine jährliche Periode heraus, ja läßt selbst einen Einfluß der Tageszeit erkennen. Die größte Zahl der Geburten fällt für jedes Volk

und jede Stadt auf den Februar und März, während im Juni und Juli am wenigsten Kinder zur Welt kommen. Ein zweites Maximum fällt auf den Anfang des Herbstes.

Der Umlauf der Erde um die Sonne und die von ihm bedingten großen Temperaturschwankungen und Witterungsverhältnisse üben daher unzweifelhaft einen directen oder indirecten Einfluß auf die Zahl der Geburten aus. Dies tritt um so klarer hervor, als auf der südlichen Erdhälfte, wo die Jahreszeiten den unsrigen genau entgegengesetzt sind, das Maximum und Minimum der Geburten gerade in die entgegengesetzten Monate fallen, wie durch statistische Berechnungen in Buenos-Ayres nachgewiesen ist. Auch die Tageszeit hat Einfluß auf die Zahl der Geburten, indem dieselbe von 6 Uhr Abends bis 6 Uhr Morgens im Durchschnitt um ein Viertel größer ist, als in den andern 12 Tagesstunden.

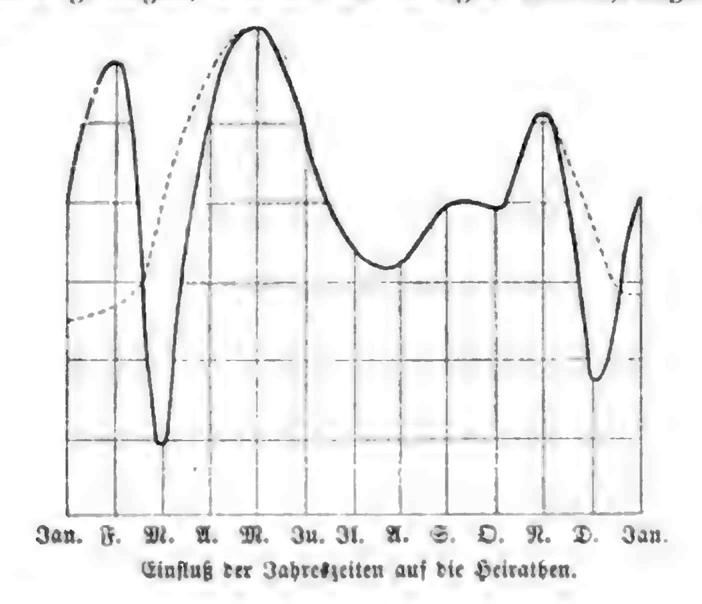


Einfluß der Jahreszeiten auf die Geburten.

Die größte Zahl erfolgt um Mitternacht, die geringste um 10 Uhr Morgens. Für die Todesfälle ist dieser Einfluß weniger deutlich, doch scheinen die wenigsten Todesfälle zwischen 6 Uhr Abends und Mitternacht, die meisten gegen Morgen einzutreten.

Aus allen diesen Thatsachen geht hervor, daß wir theilweise wenigstens denselben periodischen Einflüssen unterworfen sind, welche in weit höherem Grade auf die Pflanzen und Thiere einwirken. Die Jahreszeiten lassen eine unauslöschliche Spur ihres Ganges durch ihren Einfluß auf die Zahl der Sterbefälle und der Geburten in allen Staaten Europas zurück. Es möchte von Interesse sein, zu untersuchen, ob etwas Aehnliches sich für die Zahl der Eheschließungen geltend macht. In dieser Beziehung muß der herkömmliche Brauch und der Wille der Individuen weit mehr in Betracht kommen, und es müssen sich aus dem ersten Grunde verschiedene Resultate bei den einzelnen Völkern ergeben. Trotz dessen scheint ein Einfluß der Jahreszeiten bemerkbar zu sein. Es stellen sich zwei Maxima heraus, das eine für den Mai, das andere für den November, von denen das erstere sich am deutlichsten bemerkbar macht. Das Minimum fällt auf

den Sommer, vorzugsweise auf den August. Doch kann man hier nicht zu so genauen Resultaten gelangen, als bei den vorigen Betrachtungen, da namentlich



Einfluß der Jahreszeiten auf die Heirathen.

zwei Perioden sich in störender Weise geltend machen. Es sind dies die Weihnachts- und die Osterzeit, welche die Zahl der Heirathen im December und Januar und im März und April herabdrücken.

## Viertes Capitel.

### Der Gang der Temperatur; Schwankungen des Barometers.

Wir haben soeben gesehen, daß sowohl der jährliche Umlauf unseres Planeten um die Sonne, als auch die tägliche Axendrehung fortwährend eine Veränderung des Winkels, unter welchem die Sonnenstrahlen den Boden treffen, hervorrufen. Die jährliche Bewegung bewirkt, daß die Sonne sich in der Zeit vom 21. December bis zum 21. Juni immer höher über unseren Horizont erhebt und sich während der andern sechs Monate wieder herabsenkt. Die tägliche Umbrehung läßt das leuchtende und wärmende Tagesgestirn an jedem Morgen für uns aufgehen, einen Bogen oberhalb des Horizontes beschreiben und Abends wieder untergehen, um anderen Gegenden zu leuchten. Man sieht sofort, daß dieser zweifachen Bewegung der Erde eine doppelte Reihe von Temperaturänderungen entsprechen muß, und wir haben daher den jährlichen und den täglichen Gang der Temperatur zu betrachten. Beschäftigen wir uns zunächst mit dem letzteren.

Wollten wir ihn ganz genau kennen lernen, so müßten wir uns die Mühe geben, das Thermometer von Stunde zu Stunde, bei Tage und bei Nacht während mehrerer Monate, oder noch besser während mehrerer Jahre zu beobachten, um die so zahlreichen Ausnahmen, welche den regelmäßigen täglichen Gang der Temperatur unterbrechen, zu erkennen und auszuscheiden. Nur wenige Meteorologen haben sich einer solchen Arbeit unterzogen. Ciminello in Padua hat es fast während 16 Monaten hinter einander gethan, wir sagen fast, weil die Aufzeichnungen für Mitternacht, 1, 2 und 3 Uhr Morgens durch zwei zu verschiedenen Stunden während dieses Zeitraums angestellte Beobachtungen ersetzt wurden. Er ist der erste Meteorologe, welcher eine solche Reihe von stündlichen Thermometerbeobachtungen geliefert hat. Andere sind ihm gefolgt, so Gatterer, die Artillerieofficiere in Leith, Neuber in Appenrode, Lohrman in Dresden, Koller in Krems-

münster, Kämptz in Halle und die Sternwarten in Mailand, Petersburg, München und Greenwich. Die Sternwarte in Rom führt jetzt diese und ähnliche Beobachtungen mittelst des von Secchi erfundenen selbst registrirenden Meteorographen aus.

Aus diesen und sehr vielen anderen in Intervallen von zwei oder drei Stunden angestellten Beobachtungen ergiebt sich, daß der wärmste Punkt des Tages auf 2 Uhr Nachmittags fällt, und daß die Temperatur $^1/_2$ Stunde vor Sonnenaufgang am niedrigsten ist. Die erste dieser beiden Grenzen verschiebt sich nur wenig im Laufe der Monate, während die andere von der Zeit des Sonnenaufganges abhängig ist. Für Paris beträgt der Unterschied zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur eines Tages durchschnittlich 6 Grad, wobei indessen zu bemerken ist, daß sich derselbe im Laufe eines Jahres erheblich verändert. Die höchste Wärme beträgt durchschnittlich 11,6, die niedrigste 5,7 Grad. Die mittlere Jahreswärme ist 8,5 Grad und zwar steht das Thermometer durchschnittlich um 8 Uhr 20 Minuten Morgens und Abends auf diesem Punkte. Zwischen Minimum und Maximum verfließen nur 10, zwischen Maximum und Minimum dagegen 14 Stunden.

Unter der mittleren Temperatur eines Tages versteht man den Durchschnitt aus allen Temperaturen, welche den einzelnen Zeitpunkten des Tages entsprechen. Wollte man beispielsweise in Zwischenräumen von einer Minute beobachten, so müßte man das Thermometer 1440 mal aufzeichnen und die Summe dieser sämmtlichen Wärmeangaben durch 1440 dividiren. Hätte man so für alle Tage eines Jahres die Mitteltemperaturen gewonnen, so würde man die mittlere Wärme des Jahres erhalten, wenn man die Summe jener 365 Tagestemperaturen durch 365 dividirte. Auf den ersten Blick scheint es einer sehr großen Zahl von Beobachtungen zu bedürfen, um die mittleren Tagestemperaturen zu gewinnen, allein der Gang des Thermometers ist glücklicherweise unter gewöhnlichen Umständen so regelmäßig, daß man mit nur wenigen Beobachtungen zum Ziele gelangt. Man kommt der Wahrheit schon ziemlich nahe, wenn man die halbe Summe aus dem höchsten und niedrigsten Thermometerstand als die mittlere Tageswärme betrachtet. Genauere Resultate erhält man aus drei Beobachtungen, welche um 6 Uhr Morgens und um 2 und 8 Uhr Nachmittags, oder um 7 Uhr Morgens und 2 und 9 Uhr Nachmittags angestellt werden. Auf der Pariser Sternwarte und ebenso auf dem neuen Observatorium zu Montsouris wird täglich acht mal in dreistündigen Intervallen um 1, 4, 7 und 10 Uhr Morgens und zu denselben Stunden des Nachmittags beobachtet.

Betrachten wir jetzt den jährlichen Gang der Temperatur, über den wir bereits im vorigen Capitel einen flüchtigen Ueberblick gegeben haben. Die verschiedenen Ursachen, welche die wärmende Wirkung der Sonnenstrahlen bald

steigern, bald schwächen, sind während des ganzen Jahres nur von geringer Bedeutung für die heiße Zone, welche sich zu beiden Seiten des Aequators bis zu den Wendekreisen erstreckt. Dort hat der Tag das ganze Jahr hindurch beinahe dieselbe Länge und die Mittagshöhe der Sonne ändert sich nur wenig. Mithin können die vier Jahreszeiten in Bezug auf die Wärme nur wenig unter einander verschieden sein. Aus dem entgegengesetzten Grunde müssen die Jahreszeiten sehr von einander abweichen in jenen Gegenden nördlich und südlich vom Aequator, wo die Tage sehr ungleiche Länge haben, oder, was dasselbe sagt, wo die Mittagshöhe der Sonne sich im Laufe des Jahres sehr erheblich verändert. Die folgende Tabelle giebt die mittleren Monatstemperaturen für Berlin, wie sie aus einer langen Reihe von Beobachtungen ermittelt sind.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Januar | — 1,90 | Juli | 15,04 |
| Februar | — 0,15 | August | 14,43 |
| März | 2,74 | September | 11,75 |
| April | 6,88 | October | 7,97 |
| Mai | 10,92 | November | 3,25 |
| Juni | 13,94 | December | 1,32 |

Hieraus ergiebt sich als mittlere Temperatur 7,17. Es mag hier hervorgehoben werden, daß die Sonne nicht zu allen Zeiten gleich stark auf die Erde einwirkt. Da die letztere keinen Kreis, sondern eine Ellipse beschreibt, so ist sie nicht immer gleich weit von der Sonne entfernt und befindet sich zur Zeit unseres Winters in der Sonnennähe, zur Zeit unseres Sommers in der Sonnenferne. Die größte Entfernung verhält sich zu der kleinsten wie 210 : 203. Da nun die Intensität der Wärmestrahlen abnimmt in dem Verhältniß des Quadrates der Entfernung, so findet man leicht, daß die Erde, wenn sie sich zur Zeit unseres Winters in der Sonnennähe befindet, ungefähr $^1/_{15}$ mehr Wärme empfängt, als zur Zeit unseres Sommers, wo sie in ihrer Sonnenferne angelangt ist, eine Temperaturdifferenz, welche nicht unerheblich ist.

Die Schwankungen der Temperatur im Laufe eines Jahres sind um so erheblicher, je weiter man sich vom Aequator entfernt. Unter dem Aequator selbst und bis zum 10. Breitengrade beträgt der Unterschied zwischen der Temperatur des wärmsten und kältesten Monates nur zwei Grade. Unter dem 20. Breitengrade weichen beide schon um $5^1/_2$, unter dem 30. Breitengrade um 9,6 Grad ab. In Sicilien ist der Januar 8,4, der August 18,8 Grad warm, so daß der Unterschied 10,4 Grad beträgt; für Berlin ist er, wie aus den oben angeführten Monatsmitteln hervorgeht, fast 17 Grad. In Moskau, wo der Januar durchschnittlich — 8,19, der Juli 15,29 Grad warm ist, übersteigt der Unterschied 23 Grad. Auf der Melville-Insel unter dem 74. Breitengrade sinkt die mittlere

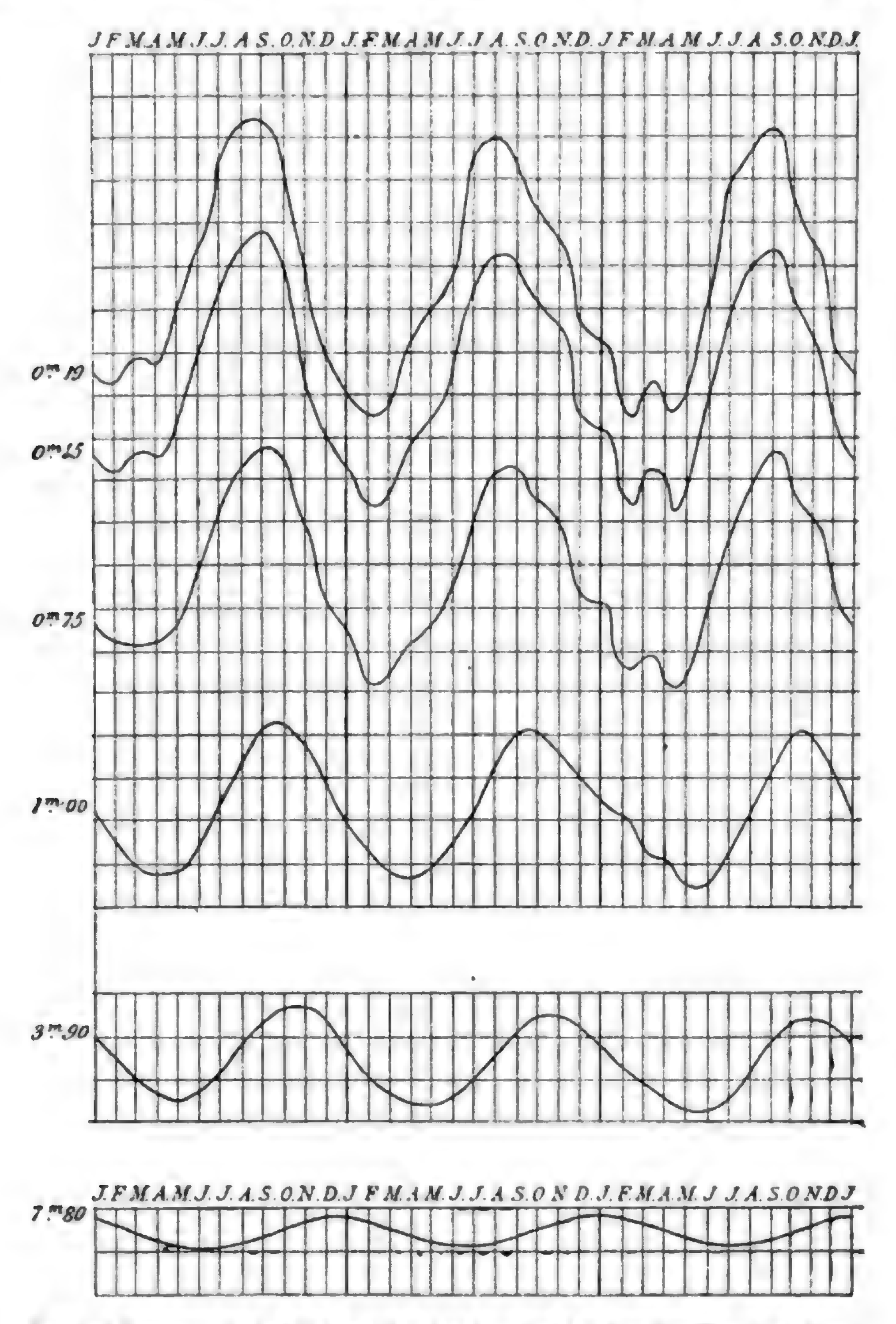
Temperatur des Januar auf — 28 Grad, die des Juli auf 4,6, und die Differenz beträgt daher über 32 Grad.

Die täglichen Temperaturschwankungen sind in den heißen Ländern und im Inneren der Continente bedeutender, als in kalten Ländern und in der Nähe der Küste. Sieht man von dem mildernden Einflusse des Meeres ab, der sich überall so ziemlich gleich bleibt, so wirkt hier die Entfernung vom Aequator gerade umgekehrt, als in Bezug auf die jährlichen Schwankungen. Während die Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten Monatswärme immer mehr steigt wegen der großen Länge der Sommertage und der Winternächte, nimmt der Unterschied zwischen der größten und der geringsten Tageswärme ab, weil in den südlichen Ländern die Gluth der Sonnenstrahlen weit gewaltiger ist und bei den klaren Nächten eine weit kräftigere Strahlung eintritt. Während z. B. in Padua das Thermometer täglich im Durchschnitt um 7,2 Grad schwankt, beträgt die tägliche Abweichung in Paris nur 6 und in Leith nur 4 Grad. Alle diese Angaben beziehen sich auf mittlere Werthe; betrachtet man jeden einzelnen Tag oder jedes einzelne Jahr, so findet man sehr oft weit bedeutendere Differenzen zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur desselben Tages oder desselben Jahres.

Die vorhergehenden Untersuchungen hatten den Zweck, die Größe der Sonnenwärme festzustellen, welche in die Atmosphäre eindringt, und denjenigen Theil dieser Wärmemenge zu ermitteln, welcher bis zu uns gelangt. Es ist nicht ohne Interesse, zu fragen, wie diese Temperaturschwankungen sich in das Innere der Erde fortpflanzen und bis zu welcher Grenze sie sich dort fühlbar machen. Die täglichen Schwankungen, welche der Axendrehung ihren Ursprung verdanken, sind nur bis zu der Tiefe von einigen Fußen bemerkbar. In den tieferliegenden Schichten spürt man keine Wirkung von ihnen, während die jährlichen Schwankungen, welche durch die Rotation der Erde um die Sonne hervorgerufen werden, dort noch sehr gut wahrzunehmen sind. Diese letzteren kann man in unseren Breiten noch bis zu einer Tiefe von 75 Fuß verspüren. Von dort beginnt die sogenannte unveränderliche Schicht, wo das Thermometer während des ganzen Jahres auf demselben Standpunkte verharrt. Man muß daher unterhalb der Erdoberfläche zwei Grenzschichten unterscheiden, die erste für die täglichen, die zweite für die jährlichen Schwankungen des Thermometers.

Wir besitzen nur wenige Beobachtungsreihen über die Temperatur in verschiedenen Tiefen, und überdies sind die vorhandenen nicht alle zuverlässig. Die Physiker, welche sich mit dieser Art von Untersuchungen beschäftigten, haben fast alle dieselbe Beobachtungsweise angewendet, welche darin besteht, daß man den Gang eines Thermometers beobachtet, dessen Kugel mehr oder weniger tief versenkt ist, und dessen Rohr so lang ist, daß die Skala sich oberhalb des Erdbodens befindet. Erst in neuester Zeit hat man angefangen, die Temperaturdifferenz zu

berücksichtigen, welche sich nothwendigerweise für die beiden Enden des Ther-




Gang der Temperatur in der Tiefe von 0,19 0,45 0,75 1,00 3,90 und 7,80 Meter (Centigrade).

mometers geltend machen muß, und die eine um so größere Correction erheischt, je kleiner das Volumen der Kugel im Vergleich zu dem Rauminhalte des Rohrs ist. Der erste Beobachter, welche sich längere Zeit mit der Temperatur unter-

'halb der Erdoberfläche beschäftigt hat, war der Kaufmann Ott in Zürich, welcher von 1762 an 4½ Jahre lang sieben in verschiedenen Tiefen angebrachte Thermometer beobachtete. Eine andere eben so wichtige Reihe von Beobachtungen wurde zu Leith in den Jahren 1816 und 1817 gewonnen. Später haben verschiedene Physiker diese Frage auf das Sorgfältigste studirt.

Faßt man alle diese Beobachtungen zusammen, so gelangt man zu folgenden Resultaten. Im August nimmt die Temperatur von der Erdoberfläche an bis zu der unveränderlichen Schicht ziemlich gleichmäßig ab. Im September ist sie bis zu der Tiefe von 20—30 Fuß ziemlich dieselbe; von da ab nimmt sie langsam ab bis zu der unveränderlichen Schicht. Im October und November nimmt sie zu bis zu einer Tiefe von 15—20 Fuß, von da ab ist sie ziemlich gleich mit der Temperatur der unveränderlichen Schicht. Im December, Januar und Februar nimmt sie gleichmäßig zu bis zu jener Schicht. Im März und April nimmt sie sehr schnell ab bis zu zwei Fuß Tiefe; von da ab wird die Abnahme langsamer und geht zuletzt in Zunahme über. Während des Mai, Juni und Juli nimmt sie ebenfalls ab, aber weniger schnell und bis zu einer größeren Tiefe, und steigt dann wieder etwas, bis sie der Temperatur der unveränderlichen Schicht gleich ist. Aus den genauen Untersuchungen Quetelets in Brüssel folgt, daß die Wärme in 144 Tagen bis 24 Fuß unter den Boden hinabdringt, also täglich etwa 2 Zoll zurücklegt. Die Tiefe, in welcher die unveränderliche Schicht beginnt, fand er zu 75 Fuß. Die täglichen Wärmeschwankungen pflanzten sich in drei Stunden bis auf 3½ Zoll fort und waren nur bis zu einer Tiefe von vier Fuß wahrnehmbar. Dies langsame Vordringen der Wärme bewirkte, daß die fünf ungleich tief eingesenkten Thermometer ihren höchsten Stand zu sehr verschiedenen Tageszeiten erreichten. In 7 Zoll Tiefe fiel das Maximum auf 6 Uhr Abends, in 21 Zoll Tiefe auf 6 Uhr Morgens, also 17 Stunden später, als die Wärme an der Erdoberfläche ihren höchsten Stand erreicht hatte. Nach Quetelet kann man die mittlere Jahrestemperatur aus der Wärme des Bodens ableiten, wenn man das Mittel aus zwei durch 6 Monate getrennten Beobachtungen nimmt, welche in der Tiefe von einigen Metern angestellt wurden. Bei der Sternwarte von Brüssel, auf welcher Quetelet beobachtete, befindet sich ein 60 Fuß tiefer Brunnen, dessen Wasser das ganze Jahr hindurch immer dieselbe Wärme von 8,8 Grad hat und höchstens um $^{1}/_{10}$ Grad wärmer oder kälter wird. Da die mittlere Temperatur von Brüssel 8,3 Grad ist, so ist das Wasser noch einen halben Grad wärmer. Es würde hieraus eine Temperaturzunahme von einem Grad für eine Tiefe von 120 Fuß folgen.

Bravais und Martins haben im Jahre 1841 auf dem Faulhorn in 8500 Fuß Höhe ähnliche Resultate wie Quetelet erhalten. „Unsere Beobachtungen über die Temperatur des Bodens, sagt Bravais, ergeben, daß das Maximum und

Minimum der täglichen Wärme ungefähr 2 Stunden und 54 Minuten gebrauchen, um eine Erdschicht von 10 Centimeter Dicke zu durchdringen."

Arago nimmt an, daß die unveränderliche Schicht in der Tiefe von 86 Fuß liegt; ein Thermometer, welches in dieser Tiefe in den Kellern der Pariser Sternwarte angebracht ist, zeigt 9,3 Grad und verharrt auf diesem Stande schon seit drei Viertel Jahrhunderten.

Das electrische Thermometer macht es möglich, die Vertheilung der Wärme unterhalb der Erdoberfläche und die Schwankungen derselben mit großer Genauigkeit zu studiren und die Lage der unveränderlichen Schicht zu ermitteln. Zu diesem Zwecke wurde im Jahre 1863 im Jardin des Plantes ein Schacht gebohrt und in denselben ein thermometrisches Kabel versenkt, welches wieder aus mehreren anderen bestand und in einen ausgehöhlten und getheerten Mast eingeschlossen war. Der Schacht wurde theilweise mit Cement ausgefüllt, um zu verhindern, daß der Mast und folglich die Kabel mit dem eingesickerten Wasser in Berührung treten. Die einzelnen Kabel gestatten ununterbrochene Beobachtungen bis zu einer Tiefe von 36 Meter; sie sind so vertheilt, daß sie die Temperatur von 5 zu 5 Meter abwärts angeben; der Fehler ist sehr geringe und übersteigt nicht $^1/_{10}$ Grad. Es zeigt sich nun, daß die Temperatur in einer Tiefe von 21 Metern keinen Schwankungen unterworfen ist, daß aber in einer Tiefe von 26 Metern geringe Veränderungen stattfinden, während bei 31 und 36 Meter Tiefe die Temperatur wieder stationär ist. Es folgt hieraus, daß die in der Tiefe von 26 Metern liegende Erdschicht mit der atmosphärischen Luft in Verbindung stehen muß, so daß sie an den Temperaturschwankungen der letzteren Theil nimmt, wenn auch in sehr geringem Grade. Dieser Zusammenhang wird durch das eingesickerte Regenwasser hergestellt, wie die nähere Untersuchung der Bodenverhältnisse ergeben hat. Das Regenwasser dringt überall in den Boden ein, bis es eine undurchlässige Schicht erreicht, über welcher es sich alsdann anhäuft. In dem Schacht im Jardin des Plantes gelangt man bereits in 16 Meter Tiefe zu einer solchen mit eingedrungenem Wasser durchtränkten Schicht, welche sich gegen die Seine hin senkt und durch die atmosphärischen Niederschläge gespeist wird, an deren Temperaturschwankungen sie daher Theil nimmt. In der Tiefe von 26 Metern trifft man eine zweite wasserhaltige Schicht, welche auf plastischem Thon ruht; in ihr schwankt die Wärme um 0,4 Grad.

Diese Temperaturveränderungen unterhalb des Bodens sind wichtig für die in der Erde lebenden Insektenlarven und Würmer und für die Wurzeln der Gewächse, und üben somit auch einen gewissen Einfluß auf die auf der Erdoberfläche stattfindenden Lebensvorgänge aus.

Wenn von der Wärme des Bodens und der Mitteltemperatur eines Ortes die Rede ist, so wird sehr oft auf das berühmte in den Kellern der Pariser

Sternwarte angebrachte Thermometer Bezug genommen. Werfen wir daher einen Blick auf dasselbe. Die Temperatur unterirdischer Räume, welche gerade an der Grenze der unveränderlichen Schicht liegen, stimmt mit der mittleren Temperatur des Ortes überein. Solch ein unterirdisches Gewölbe befindet sich unter der Sternwarte von Paris in der Tiefe von 86 Fuß, und ist überdies gegen jeden äußeren Einfluß durch das mächtige darüber gelagerte Gebäude geschützt. Seit 200 Jahren beobachtet man dort das Thermometer, welches unveränderlich auf 11,7 Grad Celsius zeigt. Am 24. September 1671 brachte man zum ersten Male ein von Mariotte angefertigtes Thermometer in diesen Räumen an, welches längere Zeit in Gebrauch blieb. Am folgenden Tage, dem 25. September, wurde der angegebene Stand sorgfältig markirt. Während des Octobers und Novembers wurde das Instrument öfters beobachtet, immer zeigte es auf denselben Punkt. Dies sind die ältesten in den Kellern der Sternwarte angestellten Beobachtungen, aus denen sich die Unveränderlichkeit der Temperatur sofort als erwiesene Thatsache ergab. Im Jahre 1783 verfertigte Lavoisier ein neues Thermometer, welches von dem vierten Cassini mit der größten Sorgfalt in dem Gewölbe aufgestellt wurde. Um alle Luftströmungen abzuhalten, welche in den zu den Beobachtungen bestimmten Raum möglicherweise eindringen und störend wirken konnten, ließ Cassini alle zu dem Raume führenden Gänge durch dickes Mauerwerk absperren mit Ausnahme eines einzigen, welcher mit einer gut schließenden Thür verwahrt wurde. So gewann er ein großes unterirdisches Cabinet, welches eine Gallerie von 33 Meter Länge, 2 Meter Breite und $2^2/_3$ Meter Höhe bildete, mit welchem noch drei andere in das Gestein getriebene Keller ohne jeglichen andern Zugang in Verbindung standen, in welchen magnetische Apparate aufgestellt werden sollten.

Lavoisiers Instrument hat ein Quecksilbergefäß von fast sieben Centimeter Durchmesser, aus welchem ein überall gleich weites ganz enges Rohr von 57 Centimeter Länge hervorragt. Das letztere ist nach einem Normalthermometer graduirt, jeder Grad hat 11 Centimeter Länge, so daß man mit Bequemlichkeit $^1/_{200}$ Grad schätzen kann. Das Instrument steht in einem Pokal mit sehr feinem und sehr trocknem Sande, welcher die Kugel und das Rohr bis zu 22 Centimeter Höhe, dem Punkte, auf welchem das Quecksilber steht, umhüllt. Die Gegenwart zweier Beobachter während 8 bis 10 Minuten verursacht keine Schwankungen des Quecksilbers. Die Scala ist auf einem Streifen von Spiegelglas, der an dem Rohre ruht, eingeritzt. Dies Instrument, welches das Normalthermometer für die Keller der Sternwarte ist, steht auf einem isolirten Pfeiler, gegenüber dem Tische, auf welchem das älteste Instrument angebracht war.

In der Zeit von 1783 bis 1817 war dies Thermometer von 11,417 auf 12,086° C. gestiegen. Arago fragte sich, ob die Ursache dieser geringen Erhöhung

nicht vielleicht in dem Instrumente selbst zu suchen sei. Um hierüber ins Reine zu kommen, bat er Gay-Lussac, ein Thermometer anzufertigen. Dieser geschickte

Das Thermometer im Keller der Sternwarte.

Physiker unterzog sich dieser Arbeit und graduirte mit der größten Sorgfalt ein Instrument, welches neben dem Lavoisier'schen unter Beobachtung derselben Vorsichtsmaßregeln aufgestellt wurde. Es ergab sich, daß das alte Thermometer 0,38 Grad zu hoch zeigte, indem der Nullpunkt sich verschoben hatte. (Es findet dies

Digitized by Google

bei längerem Gebrauche fast bei jedem Thermometer statt; der Punkt des schmelzenden Eises rückt in die Höhe, als wenn die Kugel mit dem Quecksilber zusammengedrückt worden wäre.) Mithin gab das Thermometer eigentlich 11,706° C. an und somit war die Temperatur hier um einen Grad höher, als an der Erdoberfläche, wo die Mitteltemperatur 10,7° C. ist.

Flammarion, welcher am 24. September 1871, genau 200 Jahre nach der Aufstellung des ersten Thermometers, in die Gewölbe hinabstieg, schildert diesen Besuch folgendermaßen: „Die Gänge, welche früher von hier zu den Katakomben führten, sind jetzt verschlossen; aber das Grabesschweigen, welches in diesen Tiefen herrscht, ladet eben so gut und vielleicht noch besser zur Sammlung ein, als die große Anhäufung von Skeletten, die sich nebenan befindet. Das colossale von Ludwig XIV. aufgeführte Gebäude, welches seine Terrasse 28 Meter hoch über den Boden erhebt, setzt sich unterhalb desselben in seinen gewaltigen Fundamenten bis ebenfalls 28 Meter fort. In einer Biegung einer dieser unterirdischen Gallerien sieht man eine kleine Statue der Jungfrau, welche ebenfalls im Jahre 1671 aufgestellt wurde und von einigen am Fußgestell angebrachten Versen als „Unsere Liebe Frau der Tiefe" bezeichnet wird. Von dort gelangt man in die Gallerie der Thermometer, in welcher uns die Erinnerung der großen Gelehrten überkommt, die einst hier wirkten, Cassini, Réaumur, Lavoisier, Laplace, Humboldt und Arago. Die Stürme, welche die Atmosphäre und die menschliche Gesellschaft erregen, bringen nicht bis zu diesem Heiligthume, und die Commune von 1871, welche die obere Terrasse zu betreten wagte, schreckte davor zurück, ihre brutalen Tritte auf diese geheiligten Stufen zu setzen.

Im Jahre 1871 zeigte das Thermometer Lovoisier's 11,73° C., während das Instrument Gay-Lussacs 11,70 angab, so daß die hier herrschende Temperatur genau um einen Centigrad höher ist, als die mittlere Temperatur von Paris."

Die Mitteltemperatur eines Ortes erhält man, wenn man die Summe der Mitteltemperaturen der einzelnen Jahre durch die Anzahl dieser Jahre dividirt. Indessen hat diese Methode große Unbequemlichkeiten, da sie eine lange Reihe von Beobachtungen erfordert, und man hat daher längst nach einer Methode gesucht, welche vermittelst weniger, in kurzen Intervallen angestellter Beobachtungen eine Zahl liefert, welche dem aus einer langen Beobachtungsreihe gewonnenen Resultate hinlänglich nahe kommt. Wir sahen oben, daß in unseren Gegenden die obere Schicht der Erde täglichen Temperaturschwankungen unterworfen ist, daß weiter unten liegende Schichten nur noch jährliche Veränderungen erleiden, und daß man endlich in genügender Tiefe, gewöhnlich bei 75 bis 80 Fuß, auf eine unveränderliche Schicht trifft, deren Wärme fast genau dem Durchschnitt aus einer sehr langen Reihe von täglichen Beobachtungen der Lufttemperatur entspricht. Mißt man daher die Wärme in genügender Tiefe, oder, was auf dasselbe heraus-

kommt, mißt man die constante Temperatur von Quellen, die entweder aus nicht allzutiefen Brunnen oder in unterirdischen Gewölben hervorsprudeln, so erhält man einen Wärmegrad, welcher nur sehr wenig von der Mitteltemperatur verschieden ist, die man aus einer langen Reihe von Jahrestemperaturen abgeleitet hat. In der Tropenzone genügt es, ein Thermometer an einem geschützten Orte etwa einen Fuß tief in die Erde zu versenken, wo es dann fast immer auf denselben Punkt zeigt und höchstens um $^2/_{10}$ Grad schwankt. Zu diesem Zwecke gräbt man ein Loch in den Boden, entweder in dem Erdgeschoß einer indianischen Hütte oder unter einem einfachen Schuppen an einer Stelle, wo der Boden gegen die directe Erwärmung durch die Sonnenstrahlen und gegen die nächtliche Strahlung und das Einsickern des Regenwassers geschützt ist.

Nimmt man die Temperatur der Quellen statt derjenigen der tiefer gelegenen Erdschichten, so erhält man sehr gute Resultate für die Gegenden zwischen dem 30. und 55. Breitengrade, vorausgesetzt, daß der Ort nicht höher als 3000 Fuß über dem Meeresspiegel liegt. Für höhere Breiten und für Orte, welche höher als 3000 Fuß liegen, stellt sich ein merklicher Unterschied zwischen der mittleren Luftwärme und der Temperatur der Quellen heraus. In den Alpen sind die Quellen in der Höhe von 4500 Fuß etwa um $2^1/_2$ Grad wärmer als die Luft. In der heißen Zone ist die Quellentemperatur niedriger, als die der Luft, wie sich aus den Beobachtungen Humboldts und Leopolds von Buch ergiebt.

In unseren Breiten ist die Wärme der Quellen gleich derjenigen des Bodens in geringen Tiefen und ein wenig höher als die Mitteltemperatur des Ortes. So fand Arago die Quelle der Seine bei Chatillon in der Höhe von 810 Fuß über dem Meere 8,3° warm; eine andere Quelle desselben Flusses, welche aber 1410 Fuß hoch lag, ergab nur 7,3 Grad. Die Marnequelle bei Langres, welche aus dem östlichen Abhange eines Kalksteinzuges in 1150 Fuß Meereshöhe hervorbricht, ist 7,8 Grad warm. Eine andere Quelle, welche in der nämlichen Höhe auf dem anderen Abhange desselben Bergzuges entspringt, hat 7,7 Grad. Die Brunnen in Langres selbst, welche in einer Tiefe von 90 Fuß entspringen, haben eine Temperatur von 7,6 Grad. Die Quelle der Maaß, welche in derselben Gegend bei Montigny zu Tage kommt, wurde einen Grad wärmer gefunden. Hierbei ist indessen zu bemerken, daß sie, obwohl sie 1140 Fuß hoch liegt, doch nicht aus einem Bergzuge hervorbricht, sondern in der Ebene entspringt und zwar in Form eines continuirlichen Strahls, welcher aus einem kleinen Bassin emporsprudelt. Deswegen wird ihre Wärme durch die Temperatur der Luft etwas beeinflußt, woraus sich erklärt, daß sie um ein Geringes wärmer ist, als die vorhin erwähnten Quellen der Marne. Im Rheinthal weichen alle Quellen, sie mögen aus den Bergen des rechten oder des linken Ufers stammen, in ihrer Tem-

peratur höchstens um $^{6}/_{10}$ Grad unter einander ab, vorausgesetzt, daß sie in ziemlich gleichen Höhen entspringen. Ihre Wärme ist zwischen 550 und 800 Fuß Höhe fast immer $8^{1}/_{2}$ Grad.

Wir sagten oben, daß wenn man die mittlere Temperatur für irgend einen Ort in unseren Breiten betrachtete, man eine Wärmezunahme von der Mitte des Januar bis zu der Mitte des Juli fände und darauf eine beständige Wärmeabnahme wieder bis zu der Mitte des Januar. Allein dies ist nicht ganz richtig, da sowohl beim Steigen wie beim Sinken der Temperatur sich mehrfache Unregelmäßigkeiten bemerkbar machen, die wir etwas näher berücksichtigen wollen. Allerdings ruft die Bewegung der Erde um die Sonne die Hauptphasen in dem Gange der Temperatur hervor und bewirkt beispielsweise für unsere Breiten ein Minimum für den Januar und ein Maximum für den Juli. Allein die Linie, welche diese beiden äußersten Punkte mit einander verbindet, hat keineswegs einen regelmäßigen Verlauf, sondern weist mehrfache Ein- und Ausbiegungen auf und zeigt Rückkehrpunkte, welche periodischen Schwankungen unterworfen zu sein scheinen. Die Wetterbeobachtungen des Volkes, namentlich des Landvolkes, haben seit uralten Zeiten einige dieser periodischen Schwankungen durch sprichwortartige Wetterregeln gekennzeichnet, welche die moderne Wissenschaft oft mit Unrecht gänzlich vernachlässigt hat.

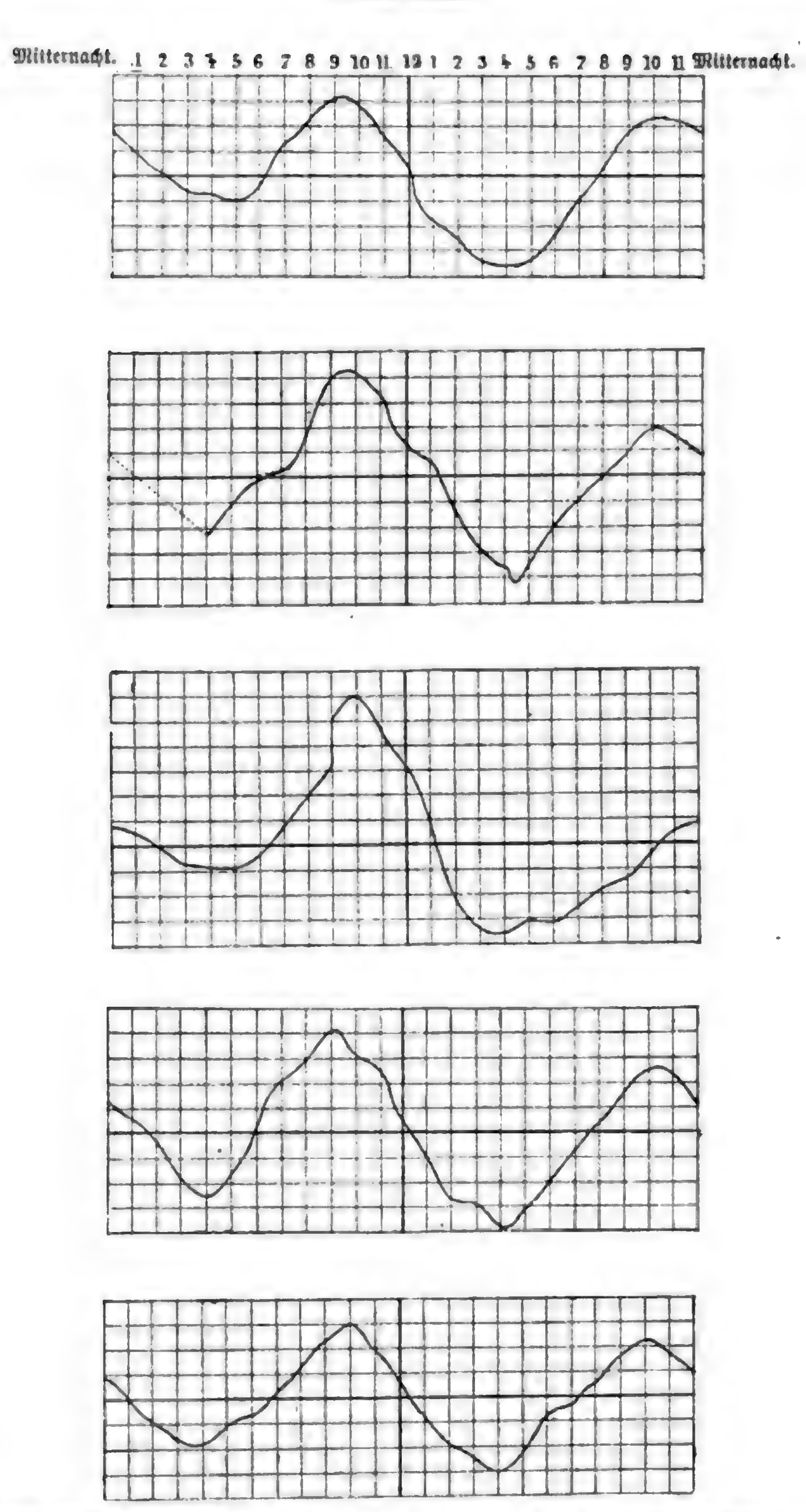
Erst seit etwa 40 Jahren haben die Untersuchungen von Brandes, Mädler, Erman, denen bald die von Dove, Quetelet, Fournet und Petit folgten, von neuem die Aufmerksamkeit der Physiker auf die Frage hingelenkt, ob einige dieser Krisen der Temperatur sich mit einiger Regelmäßigkeit einzustellen pflegen. In ihrer allgemeinsten Form läßt sich diese Frage folgendermaßen aussprechen: um wie viel weicht für einen bestimmten Ort die mittlere Temperatur jedes Tages nach oben oder nach unten von dem als regelmäßig gedachten Gange der Jahrestemperatur ab? Ist diese Abweichung für jedes Jahr oder für eine kleine Gruppe von Jahren dieselbe? oder schwankt sie im Gegentheil für jedes Jahr oder für eine Gruppe von Jahren, so daß sich eine gewisse Periodicität herausstellt? An diese Hauptfrage knüpfen sich zahlreiche Nebenfragen über den Zustand der Atmosphäre an, deren Beantwortung von derjenigen der ersten abhängt, da die electrische Spannung und der Ozongehalt der Luft, der Feuchtigkeitsgrad und die atmosphärischen Niederschläge, der barometrische Druck, die Winde und Stürme, mit einem Worte da alle atmosphärischen Erscheinungen auf das Engste mit der Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche verbunden sind. Einen wichtigen Anhang hierzu bildet alsdann die Frage, welchen Einfluß diese Störungen in dem Gange der Wärme auf die Gesundheit der Menschen und der Thiere, sowie auf das Gedeihen der Pflanzenwelt haben. Alle diese Fragen gehören in das Gebiet der Statistik, und wenn wir auch noch weit davon entfernt sind, sie genau be-

antworten zu können, so vermögen wir doch schon einige Hauptgesichtspunkte aufzustellen. Nach St. Claire-Deville, welcher sehr eingehende statistische Vergleichungen in Bezug auf diese Fragen angestellt hat, sind vorzugsweise vier Zeitpunkte im Jahre zu beachten, da an ihnen Temperaturerniedrigungen und überhaupt atmosphärische Störungen einzutreten pflegen. Es sind dies die Tage in der Nachbarschaft des 12. Februar, des 12. Mai, des 12. August und des 12. November, von denen die zweite Periode eine nähere Erörterung verdient.

Die periodisch eintretende Kälte des Maimonats ist eine allgemein vom Landvolk als feststehend angesehene Thatsache, und die drei Tage des 11., 12. und 13. Mai sind in Deutschland als die drei „gestrengen Herren", in Frankreich als die drei „kalten Heiligen" Mamertus, Pancratius und Servatius bekannt. Indessen ist wohl zu beachten, daß wenn auch im Allgemeinen ein Sinken der Wärme nach einer ersten Periode bedeutender Temperaturerhöhung stattfindet, sich dasselbe doch keineswegs an bestimmte Tage bindet, sondern überhaupt für das Ende des April und die erste Hälfte des Mai zu erwarten ist. „Daß sich die Furcht an den einzelnen Tag knüpft, sagt Helmes, statt an eine ganze Zeit, hat schon an sich in dem natürlichen Hange der Menschen nach dem Concreten und dem Besonderen seinen Grund, ist in dem vorliegenden Falle aber noch durch den Respect befestigt, in welchem sich selbst „der alte Fritz" vor dem Pancratius beugte, seit er ihm die Orangerie in Sanssouci verdarb, die er gegen die Vorstellungen seines pancratiusfürchtigen Gärtners ins Freie befohlen hatte. Ganz irrig ist die Meinung, welche den Grund für diesen Rückfall der Temperatur in außerirdischen Verhältnissen sucht; dies geht schon daraus hervor, daß die Erscheinung keineswegs allgemein ist. In England und in ganz Amerika kennt man sie wenig oder gar nicht, und östlich von St. Petersburg verschwindet sie ebenfalls. Am deutlichsten zeigt sie sich in Deutschland und dem vom Meere entfernten Theile Belgiens und Frankreichs; am empfindlichsten wird sie im nördlichen Deutschland bemerkt, weil sie dort in die Zeit der vollsten Blüthe trifft." Zweiundzwanzigjährige Beobachtungen der meteorologischen Station Putbus auf der Insel Rügen ergeben, daß für diesen Theil der Ostseeküste der Rückfall der Temperatur am häufigsten in die drei letzten Tage des April fällt.

Die Einwirkung der Sonne ruft also in der Temperatur der Luft tägliche und jährliche Veränderungen hervor, welche wir direct durch unser Gefühl wahrnehmen und genauer mit Hülfe des Thermometers messen. Dieselbe Einwirkung der Sonne läßt auch tägliche und jährliche Schwankungen in dem Drucke der Luft entstehen, welche wir am Barometer wahrnehmen, und die wir hier näher betrachten müssen, weil sie Folgen der Temperaturschwankungen sind.

Die Atmosphäre hebt und senkt sich täglich zweimal in einem Rhythmus, dessen Takt die Sonne selbst bestimmt. Das Barometer, welches den Druck der




Tägliche regelmäßige Schwankung des Barometers. 1. Ascension. 2. Port d' Espagne. 3. Acapulco. 4. Cumana. 5 Martinique. (Millim. für $^1/_{10}$ Millim.)

Luft mißt, steigt allmählig von 4 Uhr Morgens bis 10 Uhr. Diese atmosphärische Fluth wird nicht wie die des Meeres durch die Anziehung der Sonne und des Mondes hervorgerufen, was schon daraus hervorgeht, daß sie täglich zu derselben Stunde eintritt und nicht dem Laufe des Mondes folgt. Sie wird verursacht durch die Ausdehnung der Luft, durch die Sonnenwärme und durch die Vermehrung des Wasserdampfes, die ebenfalls durch die Wärme veranlaßt wird. Diese Erhebung des Barometers ist nur geringe und erreicht höchstens drei Millimeter.

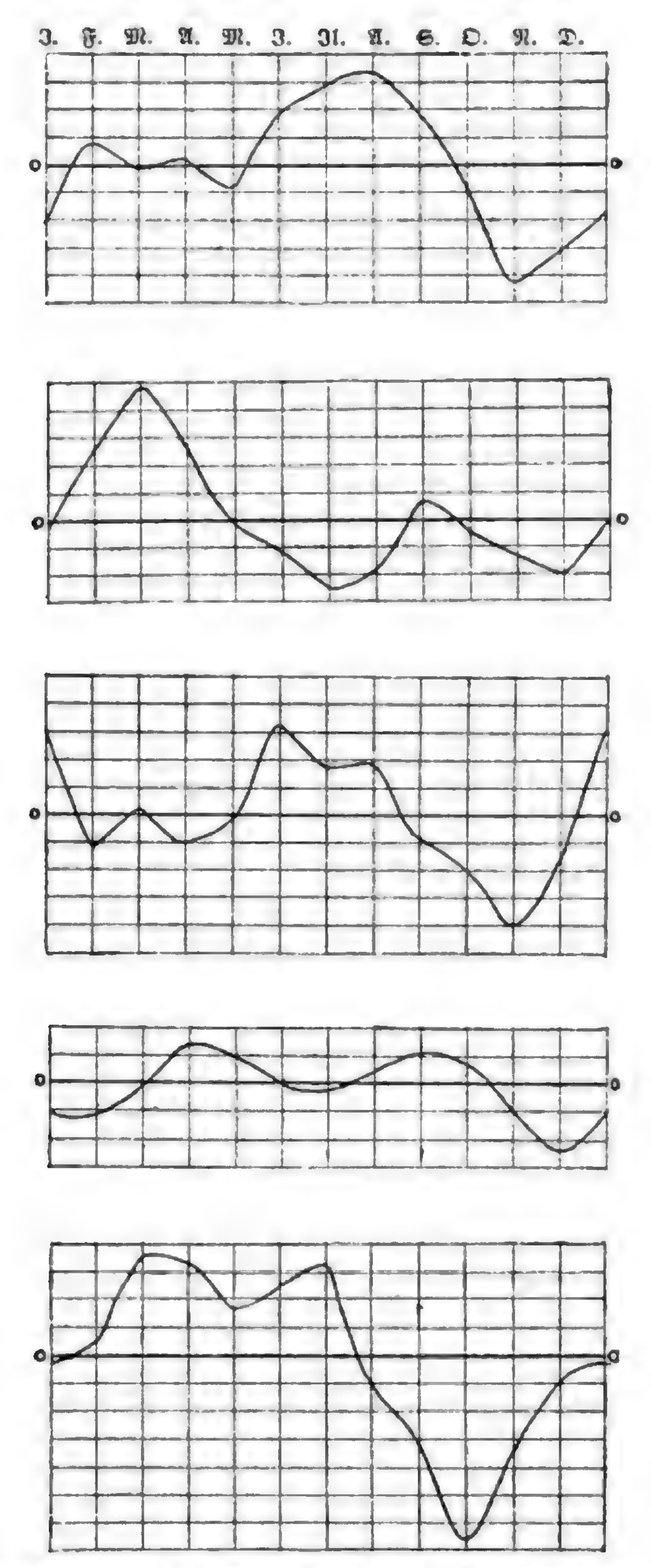
Die tägliche periodische Schwankung des Barometers wurde im Jahre 1722 durch die Beobachtungen eines Holländers, dessen Name unbekannt geblieben ist, nachgewiesen. Seit dieser Zeit haben mehrere Beobachter die Periode für verschiedene Gegenden festzustellen versucht. Humboldt wies durch lange Beobachtungsreihen nach, daß das Barometer unter dem Aequator um 9 Uhr Morgens am höchsten steht; von da an fällt es bis 3 oder 4 Uhr, wo es seinen niedrigsten Stand erreicht. Nun steigt es wieder bis zu einem zweiten Maximum um 11 Uhr Abends und fällt dann aufs Neue bis 4 Uhr Morgens, so daß täglich zwei Maxima und zwei Minima stattfinden. Die Bewegung ist so regelmäßig, daß ein Blick auf das Barometer genügt, namentlich während des Tages, um die Stunde zu bestimmen, wobei man nur einen Irrthum von 15 bis 17 Minuten zu befürchten hat. Der Gang des Barometers ist ferner so gleichmäßig, daß weder Gewitter noch Sturm, noch Regen, noch selbst das Erdbeben ihn zu stören vermag. Es gilt dies sowohl für die heißen Küstengegenden des tropischen Amerika, als auch für die höher als 12,000 Fuß gelegenen Plateaus, wo die Mitteltemperatur auf $5^1/_2$ Grad sinkt.

Die Größe der Schwankungen nimmt mit der wachsenden geographischen Breite gerade so ab, wie die Mitteltemperatur eines Ortes im Allgemeinen niedriger ist, je weiter dieser Ort vom Aequator entfernt ist. Auf den Antillen und den benachbarten Küsten, wo Deville sehr sorgfältige Beobachtungen gesammelt hat, findet man ein sehr genau markirtes Maximum für die tägliche Variation des Barometers. An der Küste beträgt die Schwankung 2,7 Millimeter, ist aber für alle im Binnenlande nördlich und südlich gelegenen Stationen geringer. Nun sind die nördlichen Theile von Venezuela und Neu-Granada gerade die Gegenden, durch welche der sogenannte thermische Aequator, d. h. die Linie der größten Wärme, geht, welcher sich in diesen Küstengegenden bis zum 12. Grad nördlicher Breite erhebt, um sich nach beiden Seiten hin gegen den Erdäquator zu senken.

In den Gegenden, wo die größten täglichen Barometerschwankungen stattfinden, ist daher auch die Temperatur am höchsten, und die beiden Erscheinungen halten in der Tropenzone Amerikas denselben Gang inne. Dies steht übrigens vollkommen in Einklang mit den Ursachen, welche die Vertheilung der Wärme auf die verschiedenen Tagesstunden bedingen.

Es stellt sich ferner heraus, daß die Gesammtgröße der Schwankungen in dem Grade abnimmt, als die Höhe wächst. Man kann also im Allgemeinen sagen, daß diese Größe von der Mitteltemperatur des Ortes abhängt und mit dieser abnimmt, sowohl bei wachsendem Breitengrade, als auch bei zunehmender Höhe. „Mögen wir nun, sagt Deville, an einem Orte die Zeiten des größten und kleinsten Druckes, sowie die Größe der jährlichen Schwankungen aufsuchen, oder in dieser doppelten Beziehung zwei nach geographischer Breite und Meereshöhe verschiedene Orte mit einander vergleichen, so finden wir doch stets, daß die verschiedenen Elemente der Gesammtschwankung einen constanten Einfluß von der Sonnenwärme erleiden."

In unseren Breiten wird diese tägliche Variation des Barometers durch gelegentliche Veränderungen so verdeckt, daß, um sie nachzuweisen, der ganze Scharfsinn und die größte Genauigkeit eines unermüdlichen Beobachters erforderlich wären. Man kann diese Periode nur dadurch auffinden, daß man die Mittel aus genauen Beobachtungen nimmt, die mehrere Jahre lang zu den entsprechenden Stunden angestellt worden sind. Ramond, welcher in dieser Weise verfuhr, fand, daß die Periode sich mit den Jahreszeiten ändert. Im Winter fällt nach ihm das Maximum auf 9 Uhr Morgens, das Minimum auf 3 Uhr Nachmittags, und das zweite Maximum auf 9 Uhr Abends. Im Sommer tritt das Maximum schon vor 8 Uhr ein, das Minimum um 4 Uhr Nachmittags und das zweite Maximum um 11 Uhr Abends. Die Reihe der von Quetelet in Brüssel angestellten Beobachtungen ist die längste und die vollständigste, da sie 30 Jahre umfaßt. Aus ihr geht hervor, daß in unseren Gegenden sich die tägliche und jährliche Periode der Barometerschwankungen ganz deutlich bemerkbar macht. Betrachtet man den jährlichen Durchschnitt, so fallen die beiden Maxima fast genau auf 10 Uhr Morgens und 10 Uhr Abends. Die Minima liegen im Sommer weiter von einander, als im Winter, und entfernen sich immer mehr von einander, je mehr man sich dem Sommer nähert. Während der kurzen Tage im November, December und Januar liegen nur 8 Stunden zwischen dem ersten Minimum um 6 Uhr Morgens und dem zweiten um 2 Uhr Nachmittags. In den folgenden Monaten wächst dieser Abstand, um hernach wieder abzunehmen. Das erste Minimum verschiebt sich um mehr als zwei Stunden und tritt im December um 6 Uhr 22 Minuten, im Juni um 8 Uhr 30 Minuten ein. Auch das erste Maximum verschiebt sich ziemlich erheblich. Das zweite Minimum schwankt zwischen noch weiteren Grenzen; im Januar tritt es um 2 Uhr 15 Minuten, im Juni um 5 Uhr 30 Minuten ein, so daß es sich um $3^1/_4$ Stunden verschiebt. Der Zeitraum, welcher zwischen dem ersten Maximum und dem zweiten Minimum verfließt, verdient besondere Beachtung; diese beiden Grenzpunkte sind im Januar nur vier Stunden von einander entfernt, während im Juni zwischen ihnen eine mehr als doppelt so lange Zeit verfließt.




Jährliche regelmäßige Schwankung des Barometers. 1. Cayenne. 2. Englisch-Guyana. 3. Trinidad. 4. Santa Fe de Bogota. 5. Guadaloupe. (Millim. für $^1/_{10}$ Millim.)

In dieser Weise vollziehen sich die regelmäßigen Schwankungen des Barometers, welche durch die tägliche und jährliche Wirkung der Sonnenwärme hervorgerufen werden. Allein dieselben sind weit unbedeutender, als die gelegentlichen Schwankungen, da die Atmosphäre unaufhörlich in Bewegung ist unter dem Einfluß von Kräften, welche weit intensiver wirken, obschon sie aus derselben Quelle, der Sonnenwärme, herstammen. Diese unregelmäßigen Veränderungen des Barometerstandes vollziehen sich in weit beträchtlicherer Größe, die vom Aequator bis zu den Polen immer mehr zunimmt. Während in der Aequatorialgegend der Unterschied zwischen dem höchsten und tiefsten Stande des Barometers nur wenige Millimeter beträgt (wenn man von der Wirkung der später zu besprechenden Wirbelstürme absieht), erreicht er in unseren Breiten 50 bis 60 Millimeter. Im Winter sind die Barometerschwankungen am größten, im Sommer am kleinsten. In allen Jahreszeiten aber steht das Barometer durchschnittlich höher während des Minimums der Temperatur als während des Maximums. Namentlich in den Herbst- und Wintermonaten machen die Temperaturunterschiede ihren Einfluß auf die Höhe der Quecksilbersäule geltend. Im Frühling und Sommer ist dieser Einfluß weniger sichtbar und wird meistens durch wirksamere Ursachen verdeckt.

Die Schwankungen der Temperatur in den unteren Luftschichten erstrecken sich nicht auf die ganze Atmosphäre. Hervorgerufen durch die längere oder kürzere Dauer der Jahreszeiten, durch die Temperaturunterschiede und durch die ungleiche Tageslänge setzen sie allerdings im Sommer die Atmosphäre bis zu weit größerer Höhe in Bewegung, als im Winter; allein diese Bewegung reicht auch in der warmen Jahreszeit nicht höher, als etwa 4 bis 5 Meilen, und im Winter kaum halb so hoch. Die höher gelegenen Theile der Atmosphäre werden durch die Schwankungen, welche sich in den unteren Regionen vollziehen, in keiner Weise afficirt. Im Gegensatze hierzu muß die durch die Anziehung von Sonne und Mond hervorgerufene Ebbe und Fluth, die wir am Grunde des Luftoceans kaum wahrnehmen können, in bedeutenderen Höhen weit stärker hervortreten, als die von der Wärme verursachten Schwankungen. Später werden wir den Einfluß kennen lernen, welchen Winde, Stürme und Gewitter auf das Barometer ausüben, und welche die Witterungsveränderungen characterisiren. Gehen wir nun zu der Besprechung der einzelnen Jahreszeiten über und begrüßen zunächst das Schaffen der Sonne im Frühling und Sommer.

---

## Fünftes Capitel.

# Frühling und Sommer.

Wir betrachteten im zweiten Capitel dieses Buches die Entstehung der Jahreszeiten und den Gang der Temperatur in den einzelnen Monaten, welche beiden Erscheinungen durch die schiefe Stellung der Erdaxe zu der Bahnebene hervorgerufen werden; zugleich suchten wir die Arbeit, welche die Sonnenwärme auf der Erdoberfläche verrichtet, genauer zu bestimmen. Wäre die Erde eine Kugel aus Marmor oder irgend einem anderen Gestein, so hätte es geringen Werth für uns, die Veränderungen der Wärme zu messen, welche sich im Laufe eines Jahres einstellen könnten. Allein sie ist umhüllt von einem Luftocean, der unaufhörlich durch die wärmende Kraft der Sonne in Bewegung gesetzt wird; sie ist zum Theil bedeckt von dem Meere, von dessen Oberfläche unausgesetzt Dampf aufsteigt und sich der Atmosphäre beimischt; sie trägt einen Pflanzenteppich, der dem Thierreich zur Nahrung, dem Planeten selbst zum Schmuck dient. Diese Pflanzen, welche bald ungeheure Prairien mit üppigen Weideplätzen bilden, bald in der Ebene in dichten, goldenen Reihen unser tägliches Brod tragen, bald in den bräunlichen Geländen von schwellenden Trauben beschwert sind, diese Pflanzen können uns als Maaßstab für die Leben spendende Kraft des Alles beherrschenden Centralkörpers dienen; sie geben uns den wirklichen Gang der Jahreszeiten an, und sollen uns jetzt beschäftigen, denn die Entfaltung des Lebens ist der große Endzweck, den der ganze astronomische und meteorologische Mechanismus, den wir soeben studirt haben, fördert.

Versetzen wir uns zunächst in den Winter, in die Zeit des Todes, so werden wir um so besser die Schönheit würdigen können, mit welcher sich die Natur bei ihrer Auferstehung schmückt. December, Januar und Februar haben das Leichentuch des Schnees und des Reifes über die Erde ausgebreitet. Tod und unbeweg-

liche Ruhe herrschen in der Natur während dieser traurigen Tage des Februar, denen die Sonne und ihr Licht fehlt. Ein Himmel von Blei hängt schwer über unserem Haupte; die Natur ist stumm, die Skelette der Bäume ragen schweigend und unbeweglich aus der weißen Ebene hervor, und der Bach, der sonst zu ihren Füßen plätscherte, steht still, erstarrt unter dem Todeshauche des Winters. — Aber nun kommt der Frühling, der strahlende, lächelnde Elfe, der Vorläufer des Sommers. März, April und Mai schwingen ihre aus Sonnenstrahlen gewobenen Flügel und senden die melodischen Klänge ihres tausendstimmigen Orchesters zur Sonne empor. Die Schleier der Atmosphäre zerreißen und zerstieben, der eisige Winterwind weicht dem schmeichelnden Hauche des Westes, der Bach beginnt aufs Neue seinen unterbrochenen Lauf, der Schnee schmilzt und der grünende Wiesenplan entfaltet sich unter dem Kusse des Frühlings. Es naht sich der Rosenmond, die Zeit des Duftes und der Nachtigallen. Die verjüngte Natur ist aus ihrem Todesschlafe erwacht, überall pulsirt neues Leben; in dem Saamenkorn regt sich der Keim und strebt als Stengel dem Lichte entgegen, die Blätter sprießen hervor, die Knospenhüllen fallen und die Blumen hauchen süße Düfte in die Luft, welche der milde Abendwind dahinträgt.

Die Wärme, dieses feine und geheimnißvolle Agens, welches ebenso auf den dichtesten, wie auf den feinsten Stoff wirkt, schafft alle diese Wunder, deren beste Frucht der Mensch im Erndtemonat sammelt.

Giebt es in der ganzen Natur ein entzückenderes und lehrreicheres Bild, als den Frühling? Welch ein Gegensatz zwischen dem Schnee und Eis des Winters und den warmen Strahlen der Frühlingssonne, zwischen dem kalten und starren Leichnam und der fröhlichen Auferstehung! Namentlich in der Schweiz auf den Abhängen der Alpen, am Gestade der stillen Gebirgsseen wird unser Auge am lebhaftesten von dieser tiefgreifenden Umwandlung getroffen, die durch die veränderte Stellung der Erdaxe gegen die Sonne hervorgerufen wird. Während der Winterzeit ist die Schneeregion unnahbar; aber sowie der Frühling kommt und der Hauch des Südwindes den weißen Kranz zerpflückt, der das Haupt der Berge krönt, ändert und belebt sich Alles auf dem Gebirge. Das Leben, welches sieben Monate lang schlummerte, scheint die verlorene Zeit in aller Eile wieder einholen zu wollen. Die Kräuter sprießen kräftig hervor, die Blumen entfalten sich mit einer Ueppigkeit, die den Beschauer entzückt und in Erstaunen setzt. Die Gärten Edens konnten keine frischeren Matten, keinen bunter gestickten Wiesenteppich, keine prächtigeren Blumenkronen aufweisen! Die so lange ihrer Freiheit beraubten Heerden verlassen den Stall und die Hürde, die Hirten treiben sie auf die duftige Alm, wo saftiges Futter ihrer harrt. Der Gesang der Vögel steigt jubelnd empor, die Fenster und die Herzen öffnen sich und

„Aus dem hohlen finstren Thor
Dringt ein buntes Gewimmel hervor.
Jeder sonnte sich heute so gern.
Sie feiern die Auferstehung des Herrn.
Denn sie sind selber auferstanden;
Aus niedriger Häuser dumpfen Gemächern,
Aus Handwerks- und Gewerbes Banden,
Aus dem Druck von Giebeln und Dächern,
Aus der Straßen quetschender Enge,
Aus der Kirchen ehrwürdiger Nacht
Sind sie Alle ans Licht gebracht."

Das Wirken der Sonnenwärme bethätigt sich am auffälligsten in der Pflanzenwelt, und deswegen können wir auch auf dieser Seite in dem großen Buche der Natur am besten lesen, welche Fortschritte der Einfluß der Sonne während des Frühlings fort und fort macht. Ist auch das unbelebte Thermometer ein vorzügliches Instrument, um dies Fortschreiten festzustellen und zu messen, so ist es immerhin gut, seine Angaben dadurch zu vervollständigen, daß wir die viel weitere Scala prüfen, welche die Vegetation uns bietet. Die Meteorologie wird erst dann in Wahrheit den Namen einer Wissenschaft verdienen, wenn ein langwieriges und ausdauerndes Studium der einzelnen Erscheinungen uns in den Stand gesetzt hat, von demselben Gesichtspunkte aus die jährliche Einwirkung der Sonne auf unseren Planeten und ihr gesammtes Schaffen in der Natur zu betrachten. Quetelet, einer der Hauptförderer der Meteorologie, dessen wir schon öfters gedacht haben, entwarf zuerst einen umfassenden Plan für hierauf zielende Untersuchungen. Vor länger als 30 Jahren begann er in Brüssel eine Reihe von Beobachtungen über periodisch wiederkehrende Erscheinungen, welche im Pflanzenreich auf das Deutlichste den Stand der Temperatur angeben. —

Während die Erde ihren Umlauf um die Sonne vollführt, entwickelt sich auf ihrer Oberfläche eine Reihenfolge von Erscheinungen, welche die periodische Wiederkehr der Jahreszeiten regelmäßig in derselben Ordnung zurückführt. Diese Erscheinungen haben jede für sich allein die Beobachter aller Zeiten beschäftigt, allein man unterließ es, sie in ihrem Zusammenhange zu studiren und die Gesetze zu ergründen, welche sie mit einander verknüpfen und die eine von der anderen abhängig machen. Die einzelnen Phasen in der Existenz einer Raupe, dieses so wenig entwickelten Geschöpfes, sind beispielsweise an die Phasen in der Existenz der Pflanze gebunden, auf welcher das Thier lebt; diese Pflanze selbst ist wiederum in ihrer allmähligen Entwickelung das Product aller vorhergegangenen Modificationen des Bodens und der Atmosphäre. Es wäre schon interessant, in Bezug auf ein solches Thier alle die Erscheinungen zu studiren, welche sich als tägliche und jähr-

liche Periode hier geltend machen, und zwar würde ein solches Studium ebenso mühsam, wie lehrreich sein.

Linné, welcher zuerst den Nutzen erkannte, den die Anwendung der Meteorologie auf das Pflanzenreich haben kann, stellte vier Hauptmomente auf, welche im Leben der Pflanze vorzugsweise zu beachten sind: die Zeiten des Blättertreibens, der Blüthe, der Fruchtreife und der Entblätterung, unter denen die Blüthezeit am wichtigsten ist.

Wenn gleichzeitig an vielen Orten beobachtet wird, so können diese Untersuchungen einen hohen Grad von Wichtigkeit erlangen. Das sorgfältige Studium einer einzigen Pflanze würde schon sehr interessante Resultate liefern. Man könnte auf der Erdoberfläche synchronistische Linien ziehen, welche der Zeit des Blatttriebes, der Blüthe ꝛc. entsprechen. Der Flieder z. B. blüht in der Umgegend von Paris um den 26. April; nun könnte man auf einer Karte von Europa durch alle Punkte, wo der Flieder an demselben Tage seine Blüthen erschließt, eine Linie legen; ebenso durch alle Punkte, für welche das Erblühen 10 oder 20 oder 30 Tage früher oder später stattfindet u. s. w. Es fragt sich nun, ob die Linien unter sich gleichen Abstand haben und ob sie mit ähnlichen Linien zusammenfallen würden, welche für die Zeit des Blättertreibens oder überhaupt für die Zeit derselben Phase in der Entwickelung des Flieders zu ziehen wären? Während der Flieder in Paris zu blühen beginnt, treibt er an weiter nördlich gelegenen Orten gerade erst Blätter; wird er nun an allen diesen letzteren Orten, wo er jetzt in der ersten Phase steht, auch gleichzeitig erblühen und zu derselben Zeit seine Früchte zur Reife bringen? Man sieht, daß schon bei einer Beschränkung auf die allereinfachsten Erscheinungen sich eine Fülle von interessanten Untersuchungen aus einem System gleichzeitiger und weit verbreiteter Beobachtungen ergiebt. Die dem Thierreich angehörigen Erscheinungen, wie z. B. die Wanderungen der Zugvögel, würden eben so interessante Resultate liefern.

Trotz ihrer unablässig fortgesetzten Arbeiten hat die Meteorologie bis jetzt nur die Mittelwerthe der Elemente, welche den Zustand der Atmosphäre bedingen, und die Grenzen, innerhalb deren sich diese Elemente nach den Climaten und Jahreszeiten ändern, ermitteln können. Wenn die hierauf zielenden Beobachtungen neben den oben angedeuteten Untersuchungen ihren Gang fortgehen, so werden wir bei der Beurtheilung der wahrgenommenen Thatsachen stets erfahren, ob die atmosphärischen Einflüsse in normalem Zustande auftreten, oder ob sich Unregelmäßigkeiten eingestellt haben.

Ebenso wie die Pflanze bedarf auch das Thier vor allem der Luft, um sich weiter zu entwickeln, ja um überhaupt sein Dasein zu erhalten, da die Ausübung aller Lebensfunctionen durch die Veränderungen beeinflußt wird, welche in dem Zustande dieser atmosphärischen Luft eintreten. So findet man, daß epidemische

oder endemische Krankheiten in gewissen Jahreszeiten und in gewissen Jahren herrschen, daß die Nachkommenschaft des gemeinen Hasen sich nicht immer gleich reichlich entwickelt, daß manche Nagethiere an einem Orte sich in dem einen Jahre überreichlich fortpflanzen, während man in dem nächsten Jahre kaum ihre normale Zahl vorfindet. Um noch weitere bekannte Beispiele anzuführen, vermehren sich die Rebhühner in den einzelnen Jahren nicht in sehr verschiedener Menge? treffen die Schwalben, Nachtigallen, Störche nicht zu sehr verschiedenen Zeiten bei uns ein und verlassen uns ebenso unregelmäßig? erschreckt uns nicht in manchen Jahren die übergroße Zahl der Raupen und der Maikäfer, die in anderen Jahren sich durchaus nicht in großen Mengen einfinden? Es ließen sich noch viele solcher Beispiele aufführen, alle aber führen uns zu der Erkenntniß, daß ein Zusammenhang zwischen den Lebenserscheinungen der Thier- und Pflanzenwelt und den Veränderungen besteht, denen die atmosphärische Luft, in der sie leben, unterworfen ist. Für die Thiere sind die Zeit der Paarung, des Jungenwerfens, des Mauserns, des Wanderns, des Winterschlafes sowie das reichliche oder spärliche Vorkommen einer Art diejenigen Punkte, welche vorzugsweise zu beachten sind und die mit den meteorologischen Beobachtungen verglichen werden müssen. Sahen wir doch weiter oben, daß selbst das Menschengeschlecht sich diesen Einwirkungen nicht entziehen kann, und daß die Jahreszeiten auf Geburten, Krankheiten, Todesfälle, überhaupt auf Alles, was das leibliche Leben betrifft, ihren Einfluß geltend machen. Derselbe erstreckt sich sogar auf die moralischen und intellectuellen Kräfte des Menschen. Die Zahl der Geistesstörungen, der Verbrechen, der Selbstmorde u. s. w. schwankt mit den verschiedenen Epochen des Jahres. Es bietet sich hier ein weites Feld für eingehendere Untersuchungen.

Alle Meteorologen haben die Wichtigkeit dieser Probleme erkannt; deswegen haben die Institute, welche neuerdings für die Erforschung aller Vorgänge in der Atmosphäre errichtet sind, unter die Zahl ihrer ständigen Beobachtungen auch die der periodischen Erscheinungen in der Pflanzen- und Thierwelt aufgenommen. Das neue französische Observatorium zu Montsouris führt derartige Beobachtungen seit dem Jahre 1871 aus und verzeichnet die Epochen des Blättertreibens und des Blühens für die wichtigsten Culturpflanzen in den Wochenberichten. Dieser Zweig der Beobachtungen wird ohne Zweifel einer der wichtigsten werden für die Erkenntniß der Beziehungen zwischen der Atmosphäre und dem Leben auf der Erde.

In unseren Gegenden charakterisiren drei Hauptepochen das Wirken der Jahreszeiten bei der Entwickelung unserer Nutzpflanzen. Es sind dies die Heumahd, die Erndte und die Weinlese. Die erste fällt in den Juni (ein zweiter Schnitt findet im August oder September statt), die Erndte in das Ende des Juli und die Weinlese in den September und October. Es sind die Feste der Flora, der

Ceres und des Bachus. Das wichtigste ist unzweifelhaft das Fest der Ceres. „Sine Cerere et Baccho Venus friget“ sagte der praktische Sinn der Alten. Es hat daher für uns ein nicht geringes Interesse, in das Geheimniß des Wachsens und des Fruchtbringens des Getreidekorns einzudringen, welches wir dem mütterlichen Schooße der Erde anvertrauen, und welches uns im Sommer die lange ersehnten Garben liefert.

Die Erndte ist eine ernste Zeit für unser Landvolk; hängt es doch jetzt von einem Regenguß oder von einem Sonnenblick ab, ob die Hoffnung des Landmanns sich erfüllen und ob er den Lohn für seine lange und harte Arbeit erhalten soll. Deshalb wird auch trotz der Sonnengluth, trotz des Durstes und der Ermüdung keine andere Arbeit mit so lebhaftem Eifer und so allgemeiner Hingebung vollbracht als die Erndte. Sobald das Morgenroth erglüht, greifen die Sicheln der Schnitter den Wald der hohen Halme an, die seit einem Monat wie ein goldenes Meer unter dem Hauche des Windes wogten, und die der Abend auf dem Boden, der sie ernährte, hingestreckt sieht. Die Sonne trocknet die Halme und bald stehen sie wieder aufrecht, aber jetzt in mächtige Garben gebunden. Aus diesen Garben wird das Korn in den Mahlrumpf der Mühle wandern, um zu Mehl zu werden und uns das tägliche Brod, die Grundbedingung der gesammten Ernährung, zu bieten. Und diese ganze große Arbeit, die von dem Ausstreuen des Samens bis zu der Verwandlung in Brod während des Lebens der Pflanze verrichtet wird, ist das Werk der Sonne. Denn sie spendete die zum Keimen nöthige Wärme, sie schuf den feuchten Nebel des Herbstes, sie breitete die schirmende Schneedecke des Winters über die junge Saat, sie sandte den befruchtenden Regen des Frühlings, sie lockte den Keim zum Lichte empor, sie speicherte den Stickstoff und das Stärkemehl auf, sie dreht das Rad der Windmühle, sie heizt endlich den Ofen des Bäckers, denn das Holz und die Steinkohle sind nichts anderes als Kohlenstoff, der unter der Einwirkung der Sonnenstrahlen abgelagert wurde.

Auf den Ernst der Erndte folgt das fröhliche Geschäft der Weinlese. Die heißen Tage sind vorüber; auf den Abhängen, wo die Trauben geschnitten wurden, spürt man schon den kühlen Hauch des ersten Herbstwindes; der Abend sinkt schweigend herab und das Summen der in der Dämmerung schwärmenden Insekten schwirrt über den Wiesen neben dem Bache, während dort unten schon die abendlichen Lichter des Dorfes erglänzen. Ein Gefühl der tiefsten Ruhe und des Friedens senkt sich auf uns herab und ladet den an strenges Denken gewöhnten Geist ein zur Betrachtung der entschlummernden Natur.

Betrachten wir nun die Arbeit etwas genauer, welche die Sonne bei der Entwickelung unserer Culturpflanzen vollbringt. Bekanntlich wird das Getreide im Herbste gesäet, gewöhnlich am Ende des October, wenn nicht Regen die Feld-

Die Erndte.

Digitized by Google

arbeiten verzögert hat. Das dem Boden anvertraute Korn keimt schon nach wenigen Tagen und schon im November bedecken sich die Furchen mit den grünenden Stengeln. Der Winter kommt, und die Pflanze widersteht einer Kälte von 10, 12, selbst 16 Grad, wenn das Feld mit Schnee bedeckt ist. Ohne diese schützende Hülle würden die Wurzeln und Stengel schon bei geringerer Kälte erfrieren, so daß die Saat, auch wenn sie sehr dicht gesäet war, stark gelichtet und die Erndte auf den dritten Theil herabgedrückt werden würde. Deshalb ist auch das Ueberdauern eines strengen Winters eine entscheidende Probe, wenn es sich um die Einführung einer neuen Getreideart handelt.

Jede Pflanze bedarf nun, um zu wachsen und Frucht zu bringen, einer bestimmten Summe von Wärme und Feuchtigkeit; sie muß eine bestimmte Zahl von Kubikcentimetern Wasser und eine bestimmte Wärmemenge in sich aufnehmen. Kennt man daher einerseits die Zeit, welche zwischen dem Keimen und der Fruchtreife verfließt, andererseits die mittlere Temperatur, welche zwischen diesen beiden Zeitpunkten herrscht, so findet man, wenn man dieselbe Pflanze in verschiedenen Gegenden beobachtet, daß die Zahl der Tage, welche zwischen dem Beginn und dem Schlusse der Vegetation liegen, um so größer ist, je geringer diese Temperatur ist, so daß man nahezu dasselbe Product erhält, wenn man die Zahl der Tage mit den Wärmegraden multiplicirt.

Für den Weizen beträgt in der Nähe von Paris die Culturzeit 160 Tage, die Mitteltemperatur für diesen Zeitraum ist 10,7 Grad und das Product aus den Zahlen der Tage und der Grade daher 1712. In Turmero in Amerika beträgt jene Zeit nur 92 Tage, die Temperatur aber 19 Grad, das Product also 1748. In Zimijaca beträgt die Zeit 147 Tage, die Temperatur 11,8, das Product 1734. Mithin bedarf der Weizen mehr als 1700 Grad, um zu reifen. Die Gerste verlangt weniger Wärme. Für Baiern, den Elsaß und Bogota in Amerika währt ihre Vegetationsperiode 100, 92 und 122 Tage, während die Temperatur an diesen Orten 13,8, 15,3 und 11,7 Grad beträgt. Man erhält die Producte 1380, 1407 und 1427, so daß die Gerste etwa 1400 Grad bedarf, um zur Reife zu kommen. Der Mais ist das anspruchsvollste Getreide, da er 2100 bis 2200 Grade verlangt. Die Spät-Kartoffeln beanspruchen ebenfalls viel Wärme, da man sie etwa bei 8 Grad pflanzt und erst nach der Hitze des Juli und August erndtet. Der Weinstock verlangt 2300 Grad, wenn man von 8 Grad als unterer Grenze ausgeht, die Dattelpalme 4000 Grad, wenn sie reife Früchte tragen soll.

Die Pflanzen treiben in einem zu kühlen Clima wohl noch Blätter und Blüthen, bringen aber keine reifen Samen hervor, da sie zu der Fruchtreife eine höhere Wärme verlangen, als nothwendig ist, um die im Boden oder in der Atmosphäre enthaltenen Stoffe an sich zu ziehen und zu assimiliren. Diese für die

Fortpflanzung eines Gewächses unerläßlichen meteorologischen Bedingungen charakterisiren das Clima, welches der Pflanze zuträglich ist. So treibt z. B. der Weinstock in manchen Gegenden noch sehr üppige Blätter, wo die Traube nicht mehr reift. Damit er trinkbaren Wein liefere, genügt es nicht, daß ihm eine Wärmemenge von 2300 Grad zugeführt wird, sondern es ist nothwendig, daß auf die Zeit, wo sich die Samen entwickeln, 30 bis 40 Tage folgen, deren Temperatur nicht unter 15 Grad liegt.

Die verschiedenen Culturpflanzen dürfen nicht in demselben Stadium der Reife geerndtet werden. So pflegt man beispielsweise im westlichen Frankreich das Getreide zu spät und die Trauben zu früh zu schneiden. Die Folge ist, daß ein nicht unbeträchtlicher Theil der Körner ausfällt und verloren geht, und daß sich unter den Trauben viele unreife befinden. Die Aehren fahren noch mehrere Tage nach dem Mähen fort zu reifen, und man könnte unbedingt die Erndte 8 Tage vor der vollen Reife vornehmen, wenigstens wenn man die gewonnenen Körner nicht zur Aussaat benutzen will. Da die Trauben schon am Tage nach dem Schneiden gekeltert werden, so kann man sie ohne Gefahr bis zum Herannahen der rauhen Jahreszeit am Stocke lassen.

Studirt man die Vertheilung der Culturpflanzen in der Ebene oder auf den Abhängen der Berge, so erkennt man sofort, daß ihre geographischen Grenzen sich keineswegs nach den mittleren Jahrestemperaturen richten. „Soll der Weinstock, sagt Humboldt, trinkbaren Wein liefern, so genügt es nicht, daß die mittlere Jahrestemperatur 7,6 Grad übersteigt, sondern es muß auch eine Wintermilde von einem halben Grad einer mittleren Sommertemperatur von mindestens 15 Grad folgen. Bei Bordeaux im Flußthal der Garonne (Breite 44° 50′) sind die Temperaturen des Jahres, des Winters, des Sommers und des Herbstes 11, 5, 17,3 und 11,5 Grad. In der baltischen Ebene (Breite 52 1/20), wo ungenießbarer Wein gebaut und doch getrunken wird, sind diese Zahlen 7, — 0,6, 14 und 12,8 Grad. Wenn es befremdend erscheinen kann, daß die großen Verschiedenheiten, welche die vom Clima begünstigte oder erschwerte Weincultur zeigt, sich nicht noch deutlicher in unsern Thermometerangaben offenbaren, so wird diese Befremdung durch die Betrachtung vermindert, daß ein im Schatten beobachtetes, gegen die Wirkungen der directen Einstrahlung und nächtlichen Ausstrahlungen fast geschütztes Thermometer nicht in allen Theilen des Jahres bei periodischen Wärmeveränderungen die wahre oberflächliche Temperatur des die ganze Einstrahlung empfangenden Bodens anzeigt.“ Nicht die Wärme allein, auch das direct von der Sonne empfangene Licht wirkt auf das Gedeihen der Gewächse ein. „Wenn die Weinrebe, sagt Humboldt, um trinkbaren Wein zu geben, die Inseln und fast alle Küsten, selbst die westlichen flieht, so liegt der Grund davon keineswegs allein in der geringeren Sommerwärme des Littorals, die unsere im

Schatten der Luft ausgesetzten Thermometer anzeigen; er liegt in dem bisher so wenig beachteten und doch in anderen Erscheinungen (z. B. der Entzündung eines Gemisches von Chlor und Wasserstoffgas) so wirksamen Unterschiede des directen und zerstreuten Lichtes bei heiterem oder durch Nebel verschleiertem Himmel."

In dem siebenten Capitel, welches von der Vertheilung der Wärme über die Erdoberfläche handelt, werden wir sehen, daß die Isothermen, die Linien gleicher Mitteltemperatur, nicht mit den Breitenkreisen gleich laufen, d. h. daß die Orte, welche gleich weit vom Aequator entfernt sind, keineswegs alle dieselbe Temperatur besitzen, sondern daß einige Länder vor anderen in Bezug auf das Clima und die Bodenproducte bevorzugt sind. Ebendaselbst werden wir sehen, wie wichtig dies für die Pflanzengeographie ist, und wie das Vorkommen der einzelnen Arten sich ändert sowohl bei wachsender geographischer Breite als auch bei zunehmender Höhe auf einem hohen Berge. Hier, wo wir uns mit den Hauptculturpflanzen beschäftigen, auf die der Mensch seine Ernährung gründet, wollen wir kurz sehen, welche Grenzen die Sonnenwärme diesen Pflanzen auf der Erdoberfläche gezogen hat.

In Europa geht der Anbau der Cerealien in der skandinavischen Halbinsel nicht über den 70. Breitengrad hinaus, und zwar ist dies der einzige Punkt auf der Erde, wo er diesen Grad erreicht; in allen anderen Gegenden geht er lange nicht so weit. Im nördlichen Asien sinkt die Linie des Getreidebaues von Westen nach Osten. Während sie im westlichen Theile den 60. Grad erreicht, geht sie im östlichen nur bis zum 51. Aehnliches zeigt sich in Nord-Amerika, wo der Getreidebau im Westen bis zum 57., im Osten kaum bis zum 51. Grade geht. Allerdings reichen nicht alle Cerealien bis zu so hohen Breiten, vielmehr gedeiht hier allein noch die Gerste, und sie ist in diesen nördlichen Gegenden für den Menschen die einzige Brodpflanze. Der Hafer kommt hier nicht mehr vor, seine Cultur hört schon einige Grade südlicher auf, und in den Gegenden, wo er völlig zur Reife kommt, findet man bereits den Roggen, dessen Anbau bis über die Küsten der Ostsee hinaus reicht. Er ersetzt in vortheilhafter Weise die beiden ersten Arten, die hier nur noch gebaut werden, um als Viehfutter zu dienen oder um das Material zur Bereitung des Bieres zu liefern.

Der Weizen, der schon im nördlichen Deutschland zusammen mit Roggen reichlich gebaut wird, ist die wichtigste nahrhafte Grasart. Die Grenze seines Anbaues beginnt im südlichen Schottland, durchschneidet Deutschland, das südliche Rußland, die Krim, den Kaukasus und reicht bis nach Asien hinein, ohne daß in diesen Ländern der Anbau der drei andern Getreidearten aufhörte; indessen werden die letzteren immer weniger zur Nahrung des Menschen verwendet. Die Europäer haben den Weizen in die Vereinigten Staaten, Brasilien, La Plata,

Chile, Neu-Süd-Wales eingeführt; in der heißen Zone wird er noch bis zu einer Höhe von 10,000 Fuß gebaut, während der Mais nur bis 7200 Fuß geht.

Im Süden verdrängen der Reis und der Mais die übrigen Cerealien, man findet jene beiden schon im südlichen Frankreich, Italien und Spanien, und sie sind bis zum nördlichen Indien fast die ausschließlichen Nährpflanzen, so daß sie ein sehr weites Gebiet einnehmen. In Afrika werden mehrere Sorghoarten als Brodpflanzen angebaut. Im östlichen Asien ersetzt der Reis alle übrigen Cerealien, ebenso herrscht er im südlichen Theile von Nord-Amerika. Doch findet man in dem letzteren Lande noch den Mais, der dort noch reichlicher gebaut wird, als im südlichen Europa; in Süd-Amerika ist er die vorherrschende Pflanze.

Die Nordgrenze der Weincultur in Europa beginnt im Westen bei der Loiremündung in der Breite von 47½°, hebt sich im Innern Frankreichs und geht nördlich bei der Moselmündung vorüber, worauf sie sich wieder senkt. Wenn auch in Sachsen, Thüringen und Schlesien an einzelnen Stellen Wein gekeltert wird, so ist derselbe doch von so geringer Güte, daß man diese Punkte am besten ausschließt. Strenge genommen beschränkt sich daher der Weinbau Deutschlands auf das Rheinthal mit den Nebenthälern, des Main, Neckar und der Mosel, und auf das Donauthal. In Ungarn und dem südlichen Rußland reicht der Weinbau bis zum 49. Grad, und noch bei Astrachan an der Nordseite des kaspischen Meeres geräth der Wein.

Die äußersten Temperaturen, bei denen noch Pflanzen leben können, liegen sehr weit auseinander. In der fast 40 Grad heißen Schwefelquelle von Dax findet sich eine Pilzart, die Tremella reticula, und in Sibirien trotzt die Lärchentanne einer Kälte, welche das Quecksilber zum Gefrieren bringt. Reife Samen scheinen ganz unempfindlich gegen die Kälte zu sein. Auch wenn man sie einer Kälte von 80 Grad aussetzt, verlieren sie doch nicht ihre Keimfähigkeit, woraus man folgern kann, daß wenn sich die Erdoberfläche aus irgend einem Grunde bis auf 80 Grad unter Null abkühlen sollte, das Thierleben zwar zu Grunde gehen müßte, das Pflanzenleben aber wieder erwachen würde, sobald später wieder mildere Temperatur einträte.

Im vorhergehenden Capitel sahen wir, daß jeder Monat seine bestimmte Mitteltemperatur hat; allein in den einzelnen Jahren weicht die Wärme eines bestimmten Monats oft erheblich von diesem Mittelwerthe ab. Die wärmsten Jahre sind nicht immer diejenigen, in denen die Wärme den höchsten Grad erreicht hat, und ebenso sind die kältesten nicht gerade die, in welchen die Temperatur am tiefsten sinkt. Aehnlich verhält es sich mit einem einzelnen Monate; er kann warm oder kalt sein in Bezug auf seine Mitteltemperatur, ohne daß die Wärme an irgend einem Tage den höchsten oder niedrigsten für diesen Monat geltenden Grad erreicht hätte. In der Vegetation zeigen sich ähnliche Verhältnisse; denn

jede Pflanzenart hat ihre bestimmte kritische Epoche, wo vorzugsweise ihr Gedeihen von der Temperatur abhängt. So kann beispielsweise eine Reihe sehr warmer Tage die Trauben so reifen, daß sie guten Wein geben, vorausgesetzt, daß diese Tage zur rechten Zeit eintreffen, während dieselbe Wärme in einer anderen Zeit des Jahres diese vortheilhafte Wirkung nicht haben würde. Diese Thatsachen, die dem Landmann völlig geläufig sind, bieten dem Meteorologen ein Feld für sehr complicirte Untersuchungen.

Schließen wir jetzt dies Capitel mit einer Uebersicht über einige sehr heiße Sommer, um zu sehen, bis zu welchem äußersten Grade die Temperatur sich in dieser Jahreszeit steigern kann. Arago und Barral haben hierüber sehr sorgfältige Untersuchungen angestellt, bei denen sie bis in das sechste Jahrhundert zurück gingen. Das Folgende ist dem größten Theil nach aus ihren Aufzeichnungen entnommen.

Wir beginnen mit dem heißen Sommer von 1793. Derselbe ist durch die außerordentliche Hitze merkwürdig, die seit dem verflossenen Jahrhundert ohne Beispiel geblieben ist. Man zählte nach Cassini im Juli und August in Paris 36 heiße, 9 sehr heiße und 6 außerordentlich heiße Tage. Das Thermometer stieg auf 30,7, in der Sonne sogar auf 50,5 Grad. In Paris begann die große Hitze am 1. Juli und nahm sehr schnell zu. Der Himmel war während ihrer Dauer beständig blau, klar und ohne Wolke; der Wind war stets nördlich, meistens war es windstill und das Barometer hielt sich auf sehr großer Höhe. Die heißesten Tage waren der 8. und 16. Juli. Am 9. verwüstete ein schreckliches Gewitter Senlis und seine Umgegend. Hagel von der Größe eines Eies zerstörte die Erndte, ein heftiger Sturm warf mehr als 120 Häuser um. Ein ungeheurer Regen folgte auf dies Unwetter; das Wasser sammelte sich auf den Feldern und riß Thiere, Meubles, Frauen und Kinder fort. In Bogneval wurde eine unglückliche Mutter, deren Kräfte erschöpft waren, von dem Strome fortgerissen, nachdem sie ihre neun Kinder gerettet hatte. Am 10. Juli kam, um das Unglück voll zu machen, noch ein neuer Hagelschlag hinzu.

Die übergroße Hitze des Juli dauerte einen Theil des August hindurch fort. Am 7. dieses letzteren Monats war sie besonders merkwürdig; sie war allgemein, lästig, man kann sagen erdrückend. Der Himmel blieb ganz klar. Der Wind kam aus Nord-Ost und war so glühend heiß, daß er aus einem Kohlenbecken oder aus der Mündung eines Kalkofens zu kommen schien. Man erhielt diese ungewohnte Gluth durch Windstöße von Zeit zu Zeit; auch im Schatten war es so heiß, als ob man den Strahlen einer versengenden Sonne ausgesetzt gewesen wäre. Diese erstickende Hitze lähmte die Respiration und man fühlte sich an diesem Tage weit unbehaglicher, als am 8. Juli, obschon das Thermometer damals noch um zwei Grade höher stand.

Die Trockenheit war seit Ende Juli maaßlos. Der Wasserstand der Seine sank Ende August und Mitte September auf den tiefsten Stand des Jahres 1719. Im ganzen Jahre fielen in Paris nur 331 Millimeter Regenwasser. Auf dem Lande hatten die Kastanien=, Apfel=, Nuß= und Kirschbäume, die Haselnußsträucher, das Geisblatt, die Weinstöcke verbrannte Blätter; die Früchte, unter andern die Aepfel, trugen deutlich das Zeichen des Verbranntseins. Der Mangel an Gemüse machte sich sehr fühlbar, und was noch davon vorhanden war, stieg zu ungeheuren Preisen. Das ausgedörrte, hartgewordene und geborstene Erdreich konnte weder durch den Pflug noch durch den Spaten umgewendet werden. In dem Luxemburg=Garten zeigte der Boden in der Tiefe eines Meters nicht die geringste Spur von Feuchtigkeit. Erdarbeiter, die mit dem Graben eines Brunnens an einem der Sonne ganz ausgesetzten Orte beauftragt waren, fanden das Erdreich in der Tiefe von fünf Fuß ausgetrocknet. Am 1. September waren die Bäume des Palais Royal fast vollständig ihrer Blätter beraubt, 150 von ihnen waren ganz kahl; durch die Trockenheit und die Hitze war die Rinde geborsten und die Zweige schienen abgestorben; der größte Theil ging ein.

In Burgund begann die Weinlese am 23. September. Der Wein war reichlich, aber von geringer Güte. Es waren in dieser Gegend kalte Regen gefallen, die seiner Beschaffenheit geschadet hatten. In der Gegend von Toulouse war der Sommer trocken und heiß; die Maiserndte schlug ganz fehl. Bekanntlich war das Jahr 1793 für Frankreich ein Jahr außerordentlicher Theuerung.

1800. Der Sommer dieses Jahres ist durch sehr große Hitze, die sich über einen Theil Europas erstreckte, merkwürdig. Vom 6. Juli bis zum 21. August fiel in Paris das Thermometer nur fünfmal unter 19 Grad, und man hatte nach Bouvards Tabellen 25 heiße, 5 sehr heiße und 2 außerordentlich heiße Tage. Nach Cotte trieb die directe Strahlung der Sonne das Thermometer am 18. August auf 41 Grad. In Deutschland war dies Jahr vom April an sehr heiß, aber im Juli fanden zu Düsseldorf Nachtfröste statt. Die Trockenheit war schrecklich, die Feuersbrünste nahmen seit Anfang August in einem ungeheuren Verhältnisse zu. Im südlichen Frankreich beobachtete man viele Fälle von Hundswuth.

Der Sommer von 1811 war aus verschiedenen Gründen einer der merkwürdigsten, die je vorgekommen sind. In Augsburg stieg das Thermometer auf 30 Grad, in Wien auf 28½, in Hamburg auf 28, in Paris auf 25. In Ungarn war es im Frühling schon so heiß, wie gewöhnlich in den Hundstagen; in Berlin war das Mittel vom Mai eines der höchsten im Jahrhundert. Die Erndte wurde in Oesterreich am 6. Juli beendigt, in Elberfeld wurde zu Johanni bei einem Mittagsessen angeblich Brod und Wein von der Erndte desselben Jahres genossen. In gewissen Bezirken wurde der Roggen vor dem Heu eingefahren. In Burgund begann die Weinlese am 14. September. Ein am 11. April plötzlich eingetretener

Frost hatte zwei Drittel der Weinerndte gefährdet. Der Sommer aber zeigte sich dem Weine so günstig, daß die Reben bald wieder ausschlugen und man zwar wenig, aber sehr ausgezeichneten Wein kelterte, welcher wegen des in diesem Jahre sichtbaren großen Kometen lange Zeit unter dem Namen Kometenwein bekannt war.

Der Sommer des Jahres 1822 war wegen der Höhe seiner mittleren Temperatur merkwürdig, welche das normale Mittel um 1½ Grad übertraf. In Paris zählte man 55 heiße und 3 sehr heiße Tage, das Thermometer stieg in Malines auf 30 Grad. Die schöne Jahreszeit trat fast in ganz Europa sehr früh ein; in England war die Hitze im Juni so groß, daß allein auf der Straße von Cheltenham elf Postpferde in einer Woche fielen. In Italien reiften die Trauben 40 Tage früher als gewöhnlich. In Frankreich war die Trockenheit während der heißen Jahreszeit sehr groß; vom 21. August bis zum 26. September blieb die Seine bei der Brücke de la Tournelle fast beständig unter dem Nullpunkte des Wasserstandmessers. Vom März an war man im Süden in Verlegenheit, wie man das Vieh tränken sollte, und mußte das Wasser auf Maulthieren sehr weit herholen. Im Frühling hatte man in diesen Gegenden eine Temperatur wie im August. In Languedoc war die Erndte vor dem 23. Juni beendigt, sie gab wenig Garben, aber sehr volle Aehren. In Burgund begann die Weinlese am 2. September, aber nach Aussage der Winzer hätte man dieselbe seit dem 15. August halten können; in der Umgegend von Vesoul begann sie am 19. August. Der Ertrag war ziemlich reichlich und von vorzüglicher Güte. Die Getreideerndte war im Allgemeinen weniger reichlich, als in den vorhergehenden Jahren.

Das Jahr 1842 brachte den heißesten Sommer in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts. Er war auch sehr trocken, denn in Paris fielen nur 65 Millimeter Regen, also 107 Millimeter weniger als im Mittel. Man zählte in Paris 51 heiße, 11 sehr heiße und 4 außerordentlich heiße Tage, das Thermometer stieg auf 29,6 Grad. Verschiedene von der Hitze veranlaßte Unglücksfälle wurden gemeldet. Die Räder mehrerer Postwagen entzündeten sich. In Badajoz kamen am 28. Juni 3 Arbeiter um, eine Dame starb durch Erstickung in einem Eilwagen. In Cordova starben mehrere Schnitter vom Schlage getroffen, und verschiedene Fälle von Wahnsinn wurden ebenfalls der hohen Temperatur zugeschrieben. In Burgund begann die Weinlese am 21. September und lieferte einen reichlichen und sehr guten Ertrag, dagegen blieb die Getreideerndte gegen die eines mittleren Jahres zurück. —

Die Temperatur des Sommers von 1846 war sehr bemerkenswerth und steigerte sich in dem westlichen Europa zu sehr bedeutender Hitze. In Paris zählte man 48 heiße, 9 sehr heiße und 2 außerordentlich heiße Tage. In Toulouse stieg das Thermometer auf 32 Grad. Aus der Bretagne wurden mehrfache Unglücksfälle gemeldet. Auf dem Markte von Pont de Croix wurden meh-

rere Personen von Ohnmachten befallen in Folge der Hitze. In Beuzer starb ein kleines Mädchen, das man unvorsichtiger Weise der Sonne ausgesetzt hatte, in wenigen Minuten. Im Departement des Landes erhielt man eine zweite Roggenerndte. In Burgund begann die Weinlese am 14. September; man erhielt nur eine halbe Erndte, aber von vorzüglicher Beschaffenheit. Die Getreideerndte blieb gegen die eines Mitteljahres zurück.

Der Sommer 1857 war wärmer als im Mittel und brachte im Juli und August fast überall große Hitze. In Paris zählte man 44 heiße, 4 sehr heiße Tage und einen außerordentlich heißen Tag; in Montpellier stieg das Thermometer auf 30,8 Grad. Im größten Theile Frankreichs herrschte eine außerordentliche Trockenheit. Glücklicherweise fielen Mitte August an vielen Orten schwache fruchtbare Regen. In Burgund begann die Weinlese am 16. September und fiel befriedigend aus. Die Cerealien gaben eine gute Mittelerndte.

In dem letzten Jahrzehnt machten sich die Sommer von 1865 und 1868 durch eine lange Reihe heißer Tage bemerkbar. Der Januar 1865 war in Frankreich milde, während er im nördlichen Deutschland kalt war. Im April stellte sich in Frankreich ausnehmend schöne Witterung ein, und es herrschte eine Temperatur, wie im Juni. Mai und Juni waren weit über dem Mittel, Juli und August aber so kühl, daß der September wärmer war als der August. Dagegen war im nördlichen Deutschland der Juni kühl und der Juli sehr warm. Namentlich brachten die Tage vom 15. bis 25. Juli eine außergewöhnliche Hitze. Die Weinerndte lieferte einen reichlichen Ertrag von vorzüglicher Güte.

Der Sommer 1868 übertrifft alle vorangehenden Jahre durch hohe und lange anhaltende Wärme, sowie durch das Zusammentreffen aller für gute Erndten vortheilhaften Bedingungen. In Norddeutschland begann die schöne Witterung im Mai und hielt unausgesetzt bis zum Ende des August an. In Frankreich stieg zwar das Thermometer nicht so hoch, als in anderen heißen Jahren, dennoch war die Mitteltemperatur der einzelnen Monate weit höher, da das Thermometer des Nachts weit weniger tief sank. Trotz der Heiterkeit fast aller Nächte war die durch die nächtliche Strahlung bewirkte Abkühlung verhältnißmäßig geringe. Fast immer bedeckte kurz vor Sonnenaufgang ein leichter Nebel den Boden, ein Zeichen von großer Feuchtigkeit der Luft; er befeuchtete die Pflanzen und milderte die starke Einstrahlung während des Tages. Da der Wasserdampf die dunklen Wärmestrahlen zurückhält, so schwächte diese über Europa gelagerte feuchte Luft die Wirkung der nächtlichen Strahlung. Die Hitze drang merklich in den Boden ein; in einer Tiefe von einem Meter war die Temperatur um $1^1/_4$ Grad höher, als im Mittel.

Die höchsten Temperaturen, welche man jemals an einem im Schatten nach Norden aufgehängten Thermometer beobachtet hat, sind für Frankreich 33,1, für

England 28,4, für die Niederlande 31, für Dänemark 30, für Rußland 31, für Deutschland 31,5, für Griechenland 32,4, für Italien 32, für Spanien 31,2, Grad. Für außereuropäische Länder führt Arago folgende höchste Temperaturen an. Tunis 35,7, Manilla 36,2, Nubien 36,9, Alexandrien 37,3, Bagdad 39,1 Syene 43,2, Murzuk 44,8 Grad.

Es sind dies die höchsten Temperaturen, welche die Luft im Schatten erreicht. Die directe Wirkung der Sonnenstrahlen ist ungleich bedeutender. So steigt ein der Sonne ausgesetztes Thermometer in Paris bis auf 50 Grad. Duveyrier sah es im Lande der Tuariks auf 54° steigen, und Abbadie fand in einigen Thälern Abessiniens, die wahren Oefen glichen, die Temperatur dicht oberhalb des Bodens zu 56°, der Oberst Ferret sogar zu 60 Grad.

Es möge hier noch eine Bemerkung über die Art der Beobachtungen stattfinden. Die Meteorologen messen gewöhnlich nur die Temperatur der Luft im Schatten und vernachlässigen fast immer die directe Wirkung der Sonnenstrahlen. Es ist dies nicht ganz gerechtfertigt; man sollte die gesammte Einwirkung der Sonne auf die Natur messen und nicht blos den einen Theil. Ueberdies werden die Angaben eines im Schatten hängenden Thermometers durch die Strahlung des Bodens und der Wände beeinflußt. Es wäre daher zu wünschen, daß neben den jetzt üblichen Beobachtungen im Schatten auch Beobachtungen in der Sonne ausgeführt würden, wie es in der That auf dem neuen Observatorium zu Paris geschieht.

Gegenüber solchen hohen Temperaturen kann man fragen, bis zu welchem Grade der menschliche Leib die Wärme zu ertragen vermag, ohne sich der Gefahr eines augenblicklichen Todes auszusetzen. Die Mitteltemperatur des menschlichen Körpers ist 29 Grad, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man die Kugel eines Thermometers unter die Zunge legt. Die Blutwärme der Vögel ist größer und erreicht bei einzelnen Arten 35 Grad, bei den Fischen ist sie am niedrigsten und sinkt bis auf elf Grad. Die lebenden Wesen scheinen sich den allgemeinen Gesetzen der Wärme zu entziehen, da ihre Temperatur fast niemals mit der des umgebenden Mittels übereinstimmt.

Es giebt nun eine bedeutende Zahl bewohnter Orte, an denen sich das Thermometer im Schatten mehrere Grade über die Temperatur des Blutes erhebt, und es ist daher falsch, anzunehmen, der Mensch müsse ersticken, wenn er sich in einer Luft befindet, die wärmer ist als das Blut. Es giebt keinen Versuch, aus dem sich herleiten ließe, welches der höchste Wärmegrad ist, den wir noch auszuhalten vermögen; wir wissen nur, daß dieser Grad außerordentlich hoch liegt, wenn der Versuch nur wenige Minuten dauert.

In den Memoiren der Pariser Academie von 1764 berichtet Tillet, daß die beim Zwangsbackofen der Stadt La Rochefoucault beschäftigten Dienstmägde ge-

wöhnlich zehn Minuten in diesem Ofen blieben, ohne sehr zu leiden, obschon die Temperatur 105 Grad, d. h. 25 Grad höher war, als die des siedenden Wassers.

Im Jahre 1774 gingen Fordyce, Banks, Solander, Blagden, Dundas, Lord Seaforth und Capitain Phipps in ein Zimmer, wo die Temperatur 101 Grad betrug, und verweilten daselbst 8 Minuten. Ihre Körperwärme nahm in dieser Zeit nur wenig zu. In demselben Zimmer wurden Eier in 20 Minuten hart; ein Beefsteak war in einer halben Stunde gar, und Wasser, das man, um die Verdampfung zu verhindern, mit Oel bedeckt hatte, gerieth ins Sieden.

Im Jahre 1828 verweilte in Paris ein Mensch in einem Backofen von einem Meter Höhe fünf Minuten, während das Thermometer 109 Grad zeigte. Er trug zunächst eine leichte baumwollene Kleidung, dann ein rothwollenes dickes, mit Leinwand gefüttertes Hemde und darüber einen weiten weißwollenen, gleichfalls gefütterten Ueberrock. Auf dem Kopfe trug er eine Art Kapuze von gefütterter weißer Wolle.

Bei einigen von Banks, Solander und Blagden angestellten Versuchen erhielt man folgende Resultate. Die Hand kann eine Temperatur ertragen in Quecksilber von 37°, in Oel von 43°, in Wasser von 40°, in Alkohol von 43½ Grad. Manche Personen pflegen ihren Kaffee 44 Grad warm zu trinken. Newton gab 33 Grad als die höchste Temperatur eines Wasserbades an, in das man die Hand zu halten vermöge, wenn man sie bewege; dagegen könne man 40 Grad ertragen, wenn man die Hand still halte. Carrere giebt an, daß ein kräftiger Mann nicht länger als 3 Minuten in der 40 Grad warmen Quelle in Roussillon verweilen könne. Fast unglaublich klingt, was der Marschall Marmont erzählt und auf Aragos Zweifel wiederholt versicherte, er habe nebst einem österreichischen Arzte in Brussa einen Türken in 62 Grad warmem Wasser baden sehen!

## Sechstes Capitel.

# Herbst und Winter.

August Comte hat scherzhafter Weise die Idee ausgesprochen, man müßte alle Kräfte, über welche das Menschengeschlecht verfügen kann, zusammenfassen und versuchen, die Erdaxe gerade zu stellen, um den Winter zu beseitigen und einen ewigen Frühling für die ganze Erde herbeizuführen. Milton erzählt, daß vor dem Sündenfalle des ersten Menschenpaares die Axe des Erdballs senkrecht zur Ekliptik stand, so daß es keine Jahreszeiten gab und die Erde sich eines beständigen Frühlings erfreute, daß aber Jehovah nach dem verhängnißvollen Apfelbiß in Zorn gerieth und unserem armen Planeten einen Fußtritt versetzte, so daß er seit dieser Zeit schief geneigt auf seiner Bahn dahinrollt und wir abwechselnd die Gluth des Sommers und den Frost des Winters zu erdulden haben. Gäbe es für die Erde nicht diese beiden so sehr verschiedenen Jahreszeiten, so würden wir uns eines gleichförmigeren Zustandes erfreuen und den lebenden Wesen würde der Kampf um das Dasein bedeutend erleichtert. Allein die Axe ist geneigt, ist es immer gewesen und wird es immer bleiben, so daß es ein goldenes Zeitalter auf Erden niemals gegeben hat und auch niemals geben wird. In Folge dieser geneigten Stellung haben die pflanzlichen und thierischen Organismen sich so entwickelt, daß sie in dem sie umgebenden Mittel leben können, und sind weniger zart und empfindlich, als sie sein würden, wenn jene Gleichförmigkeit der Jahreszeiten herrschte. Gerade so, wie sie sind, befinden sie sich im Einklange mit der auf Erden herrschenden Ordnung, so daß wenn die Erdaxe sich plötzlich aufrichtete, der dann hereinbrechende ewige Frühling für einen großen Theil der Geschöpfe verderblich sein würde, und daß wir unsere Jahreszeiten, selbst unsern Winter lebhaft zurückwünschen würden.

In der That sind Herbst und Winter nicht weniger unerläßlich für den Gang

des irdischen Lebens, als Frühling und Sommer. Nachdem die Erde uns Blüthen und Früchte gespendet hat, verlangt sie Ruhe und Stille, und ihr Schooß bleibt nur unter der Bedingung fruchtbar, daß periodische Zeiten der Erholung eintreten. Der Herbst ist die Jahreszeit des Ueberganges von Wärme zu Kälte, eines Ueberganges, der sich allmählig mit der Abnahme der Tageslänge bis zum Wintersolstitium vollzieht und hin und wieder durch Störungen in der Atmosphäre, wie durch Stürme und Schneefälle unterbrochen wird. Zur Zeit, wo die Sonne Mittags am tiefsten steht und die Tage am kürzesten sind, scheint die mehr und mehr erkaltete Erde der Erstarrung des Todes anheimzufallen. Allein nur die Oberfläche erleidet diese eisige Abkühlung; wir haben gesehen, daß in der Tiefe weniger Meter der Winter die wärmste Jahreszeit ist, und daß eine noch tiefer gelegene Erdschicht sich einer unveränderlichen Temperatur erfreut, welche der mittleren Ortstemperatur gleich ist.

October, November und December zeigen uns die Natur unter einem ernsten und strengen Bilde. Das gleichförmige Grün des Frühlings und Sommers hat der bunten Färbung Platz gemacht, welche dem Laubfall vorhergeht. Die Farbentöne der Wolken und der Wälder sind wärmer, die Umrisse ferner Gegenstände treten schärfer hervor. Man hört nicht mehr den fröhlichen Gesang des Vogels, der im Gebüsche sein Nest baut, man athmet nicht mehr den zarten Duft der Blumen; die von der Luft und dem Licht gewobenen Blätter entfärben sich, fallen herab und werden ein Spiel des Windes. Die Arbeit des Landmanns ist gethan, die Früchte sind gepflückt. Flora, Ceres und Pomona haben von den Fluren Abschied genommen, und der Mensch, der ihre Gaben sammelte, zieht sich mehr aus der Natur zurück und widmet sich in dem gegen die Unbilden des Herbstes und Winters wohl verwahrten Hause der industriellen Thätigkeit oder der Arbeit des geistigen Schaffens.

Wir sahen, daß die immer mehr zunehmende Schiefe der einfallenden Sonnenstrahlen die Abkühlung unserer Halbkugel verursacht und uns den Herbst und den Winter bringt; später werden wir sehen, wie Regen und Wind hier mitwirken, um das Erdreich aufzulockern und zur Hervorbringung der Pflanzen vorzubereiten. Der für die Pflanzen taugliche Boden ist nicht, wie die tiefer liegenden geologischen Schichten, ein einfaches mineralogisches Gebilde, sondern verdankt im Gegentheil sein Dasein dem Reiche der Luft. „Der Humus oder die Dammerde, sagt Boussingault, das hauptsächlichste und unerläßliche Element der Ackererde, ist ein Product der organischen Thätigkeit, eine Verbindung aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, welche durch die Kräfte der unorganischen Natur nicht hergestellt werden kann. Zu diesen Hauptbestandtheilen des Humus treten noch geringe Mengen von Phosphor, Schwefel, Kieselsäure und bisweilen verschiedene Salze. Wie der Humus ein Product des Pflanzenlebens ist, so ist er auch eine Bedingung

desselben. Er nährt die Organismen und ohne ihn würde keine vollkommene Pflanze gedeihen. So sind Tod und Zerstörung nothwendig für die Entstehung und Erhaltung neuen Lebens! Mit Ausnahme des Wassers ist der Humus der einzige Bestandtheil des Bodens, welcher zur Ernährung der Pflanzen beiträgt. Wir brauchen nur die Fortschritte der Vegetation auf einem nackten Felsen zu beobachten, um gleichzeitig die Geschichte der ackerbaren Erde seit Beginn der Welt zu studiren. Zunächst stellen sich Flechten und Moose ein, an deren Zersetzungsproducten vollkommenere Pflanzen Nahrung finden; diese vermehren ihrerseits durch ihre Verwesung die Pflanzenerde, bis sich schließlich eine Humusschicht bildet, die ausreichend ist, die stärksten Bäume zu ernähren."

Indem der Herbst den Boden mit den abgestorbenen Zweigen der Bäume und den Resten der Vegetation bestreut, welche die Hügel und die Fluren schmückte, indem er die Erde reichlich mit Regen tränkt, indem der Winter die Felder mit seiner Schneedecke verhüllt, bereiten beide die Möglichkeit für das Leben vor, welches im Frühling neu erstehen wird. Ohne die Luft könnten die Pflanzen, selbst die niedrigsten, nicht existiren; ohne die Luft könnte der Boden nicht einmal das geringste Moosbüschel hervorbringen, ohne die Luft könnten sich keine Wolken bilden und Regen oder Schnee herabsenden. Die Atmosphäre bleibt, von welcher Seite man sie auch betrachtet, die oberste Bedingung und die Schöpferin des Pflanzen- und Thierlebens. Der weniger aufmerksame Beobachter hält die Felsen und Steine für unzerstörbar und sieht sie als ein Vorbild der Beständigkeit an. Allein bei einiger Aufmerksamkeit erkennt er, daß die Felsen sich unaufhörlich verändern, und daß jedes der Luft und dem Regen ausgesetzte Gestein der Zerstörung verfallen ist. Die Luft übt durch ihre Feuchtigkeit, ihre Kohlensäure und ihren Sauerstoff eine gewaltige zerstörende Wirkung auf die Felsen aus, der kein Gestein widersteht: Kalkstein und Basalt, Granit und Porphyr, nichts überdauert auf die Länge die Angriffe der Luft und des Wassers. Was Dichter und Redner den Zahn der Zeit nennen, ist nichts Anderes, als diese chemische Action, die sich in langen Zeiträumen vollzieht. Der Wechsel von Frost und Hitze ist ein mächtiger Bundesgenosse für die Luft bei diesem Werke der Zerstörung. In Folge des Gefrierens des in die Spalten eingesickerten Wassers zersprengt der Frost die Gesteine, welche die Luft hernach um so leichter zersetzt, indem die mechanische Zerkleinerung die chemische Action begünstigt. Der dichte Kalkstein der Tertiärformation, aus welchem die Häuser von Paris gebaut werden, zerbröckelt langsam und zerfällt zuletzt in Staub. Das Volk schreibt diese Zerstörung dem Gestirn der Nacht zu und sagt: „der Mond frißt die Steine." Ein witziger Pariser machte hierzu die tröstliche Bemerkung, daß, da jede Wirkung eine Gegenwirkung hervorrufe, und die Erde weit größer, als der Mond sei, sie ihm noch weit mehr Steine auffressen müsse.

So bewirkt die gemeinsame Thätigkeit des Wassers und der Atmosphäre vor unseren Augen Einstürze, Erdrutsche u. s. w., die bisweilen ebenso verderblich sind, wie Erdbeben oder vulkanische Ausbrüche. Die Gebirge sind einer unausgesetzten Zerstörung unterworfen. Der Frost spaltet und zerklüftet die Felsen, die Luft zersetzt sie, das Wasser reißt die Trümmer fort, schleift sie ab und zerreibt sie zu Sand. Die Naturkräfte wirken nivellirend, und wenn nicht vulkanische Mächte neue Berge aufthürmen, so wird die Zeit kommen, wo die Gebirge abgetragen sind, wo die Thäler und der Meeresboden sich nicht mehr erhöhen, so daß die langsam steigenden Fluthen des Oceans schließlich die ganze Erdoberfläche bedecken und über ihr eine Wasserschicht von 200 Meter Dicke bilden werden, eine Schicht, die hoch genug ist, um das Menschengeschlecht und alle seine Werke zu ertränken. So verändert die Luft theils direct durch ihre langsam zersetzende Thätigkeit, theils indirect mit Hülfe der Pflanzen und der Thiere fortwährend die Oberfläche unseres Planeten. Heute bildet die Schicht der Ackererde für uns den größten Schatz. Diese Schicht ist außerordentlich dünn und erreicht in den meisten Ländern nicht mehr als einen Fuß Dicke. Der Ackerbau hängt von der chemischen Zusammensetzung des Humus, von dem Dünger, den man ihm zusetzt, und von dem Untergrunde, auf welchem er lagert, ab. Dieser Untergrund ist nicht ohne Bedeutung, denn je nachdem er thonig oder sandig oder kalkartig ist, wirkt der Regen mehr oder weniger günstig. Man kann die geringe Dicke der Ackerkrume sehr gut an den Durchstichen beobachten, welche wir für unsere Eisenbahnen in ein hügeliges Terrain einschneiden.

Wir kommen zu der letzten Jahreszeit, dem dunklen und kalten Winter, und wollen die Erscheinungen, die ihn charakterisiren, ein wenig näher ansehen. Bei dem allmähligen Sinken der Temperatur ist das Thermometer auf Null gefallen, den Punkt, wo das Wasser aufhört flüssig zu sein, und fest wird, wie ein Gestein. Es kann nun verschiedene Gestalten annehmen; bald bildet es als Eis große Schollen und Blöcke, bald setzt es sich als Reif in feinen Nadeln an den Körpern ab, bald rieselt es aus der Luft in Flittern herab, die sich zu Schneeflocken vereinigen. Mit diesem letzten Phänomen pflegt der Winter sein Herannahen zu verkündigen, denn der Schnee bildet sich, sobald die Temperatur auf Null gesunken ist. Besitzt die ganze Luftmasse zwischen den Wolken und der Erde eine solche oder eine noch niedrigere Temperatur, so gelangt das festgewordene Wasser als Schnee zur Erde. Dasselbe geschieht, wenn der Schnee nur eine dünne Luftschicht zu durchfallen hat, die etwas über Null Grad warm ist; auch in diesem Falle bleibt der Schnee bisweilen sogar eine Zeit lang liegen, ohne zu schmelzen. Besitzt dagegen die wärmere Luftschicht am Boden eine hohe Temperatur oder reicht sie bis zu einer Höhe von mehreren hundert Metern, so gelangt der Schnee nicht bis zur Erde, sondern es fällt ein mehr oder weniger kalter Regen, was oft im

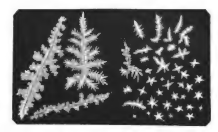
Frühling und Herbste eintritt. Oben haben wir gesehen, daß in einer gewissen Höhe die Temperatur bis auf Null sinkt; in höher schwebenden Wolken kann sich daher die atmosphärische Feuchtigkeit ebenso gut an den heißesten Tagen des Sommers, wie mitten im Winter im festen Zustande befinden. Indem der Schnee seine Decke über die Erde breitet, bildet er gleichzeitig eine schützende Hülle und einen Schirm; eine schützende Hülle, da er als schlechter Wärmeleiter die Wärme nicht entweichen läßt und verhindert, daß die Erde bis auf die Temperatur der Luft erkalte; einen Schirm, weil er die nächtliche Strahlung beeinträchtigt. Dies hat Boussingault im Februar 1841 in Bechelbronn nachgewiesen. Er beobachtete drei Thermometer, deren eines auf dem Schnee angebracht und an der Kugel mit Schnee umgeben war, während das zweite unter den Schnee bis zum Erdboden versenkt, und das dritte zwölf Meter hoch in der Luft aufgehängt war. Stets war die Temperatur am Boden unter dem Schnee höher als oberhalb desselben und in der Luft. Gerade durch die starke nächtliche Abkühlung gehen im Spätherbste so oft die Getreidepflanzen zu Grunde, wenn die Felder nicht mit Schnee bedeckt sind. Auf dem Gipfel des Mont Blanc fand Martins 20 Centimeter unterhalb der Oberfläche des Schnees eine um $2^1/_2$ Grad höhere Temperatur, als oberhalb.

Der Schnee trägt überdies zur Fruchtbarmachung des Bodens bei. Wie Regen und Nebel enthält er ebenfalls nennenswerthe Mengen von Ammoniak, welches in der Atmosphäre vorkommt, und welches der Schnee von dort entnimmt und zum Boden herabführt; er verhindert, daß es sich so leicht verflüchtige, wie es bei Regengüssen, namentlich bei warmen, geschieht. Wenn, was oft eintritt, vor dem Eintreffen des Schnees ein einigermaßen starker Frost stattgefunden hat, welcher ausreicht, um die schädlichen Insekten zu tödten, so hat man gute Aussichten auf ein fruchtbares Jahr.

In den Schneewolken, die in den Höhen der Atmosphäre schweben, scheint der Schnee sich in Form von außerordentlich feinen Nadeln zu bilden. Wenn die Dunstbläschen und Wassertröpfchen, welche den Nebel und die gewöhnlichen Wolken zusammensetzen, in der niedrigen Temperatur der Höhe oder unter dem Einfluß kalter Luftströmungen gefrieren, was erst bei einer Kälte von 16 bis 20 Grad geschieht, so behalten sie wahrscheinlich nicht ihre kugelförmige Gestalt, sondern verlängern sich und nehmen im Augenblicke des Festwerdens nadelförmige Gestalt an. Gemäß den Gesetzen der Krystallisation ordnen sich diese kleinen Nadeln unter Winkeln von 60 Graden und bilden die zahlreichen Formen der Schneeflocken, denen allen dieselbe geometrische Figur zu Grunde liegt. Diese Schneewolken sinken mehr oder weniger schnell in der ruhigen Atmosphäre herab und dehnen sich aus, oder werden kleiner, je nach der Temperatur, der sie hier begegnen. Bei einer Luftfahrt am 26. Juni 1863 gerieth Glaisher in einer Höhe von 13,500 Fuß in

eine ungeheure Schneewolke von mehr als 5000 Fuß Dicke. Der Schnee bestand aus äußerst feinen, aber doch deutlich wahrnehmbaren Krystallen, deren Flächen Winkel von 60 und 90 Grad unter einander bildeten. Bei der Niederfahrt hörte der Schnee erst in der Entfernung von 10,000 Fuß über dem Boden auf und die Luftschiffer geriethen in einen dichten Nebel, der sich bis zur Erdoberfläche erstreckte.

Die Gestalt der Schneeflocken hat seit langer Zeit die Aufmerksamkeit der Beobachter gefesselt. Keppler spricht mit Bewunderung von ihrer Struktur, und andere Physiker suchten die Ursachen, welche diese regelmäßige Anordnung bewirken, zu ergründen. Allein erst seitdem man die Gesetze der Krystallisation näher kennen gelernt hat, ist es möglich geworden, über diesen Gegenstand einiges Licht zu verbreiten.

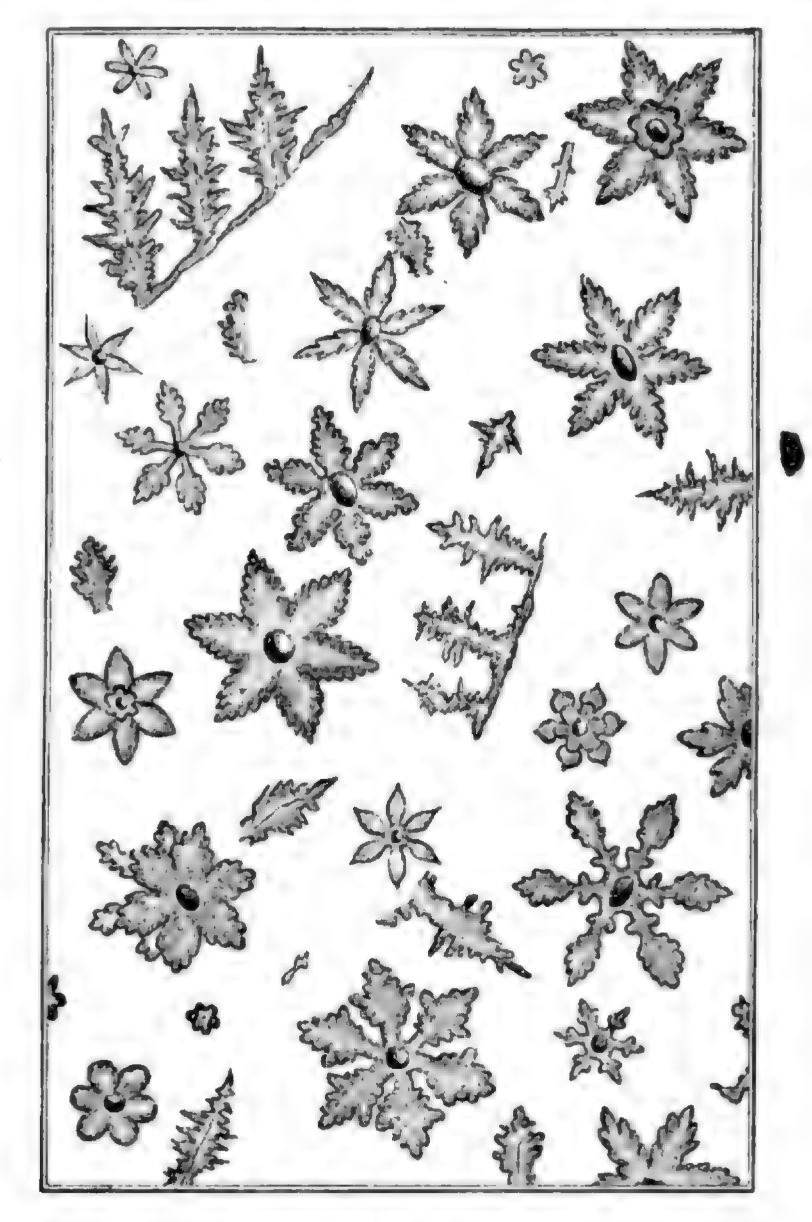


Eisblumen an einer Fensterscheibe.

Die Geometrie lehrt uns, daß unter allen Vielecken, die sich in einen Kreis beschreiben lassen, sich nur ein einziges befindet, dessen Seiten sämmtlich dem Radius des Kreises gleich sind, nämlich das reguläre Sechseck. Für diese einfache Figur scheint die Natur eine besondere Vorliebe zu haben, da wir sie in allen drei Naturreichen oft genug auftreten sehen. Die Bienen und Wespen bauen ihre Zellen in dieser Form, und die ersteren haben, beiläufig gesagt, überdies das schwere mathematische Problem gelöst, „den möglichst größten Raum mit der geringsten Menge Stoff zu umschließen," indem sie ihre sechseckigen Zellen mit dreiseitigen, aus drei gleichen Rhomben gebildeten Pyramiden schließen. Das reguläre Sechseck zeigt sich bei sehr vielen Blumen, wie z. B. in der großen Classe der lilienartigen Gewächse, und wir finden es wieder bei allen Stoffen, welche dem sogenannten sechsseitigen Krystallsystem angehören, zu denen auch das Wasser zählt und zwar in allen Gestalten, die dasselbe als Eis oder Schnee annimmt.

Die Neigung des Eises, eine regelmäßige Krystallform anzunehmen, erkennen wir schon aus den Eisblumen, die Farrnkrautblättern gleichen und sich an den

Fensterscheiben eines kalten Zimmers bilden. Ein jeder hat diese baumartig verzweigten Krystalle gesehen: dünne Eisfäden entstehen, verlängern sich, schießen zweigartig auseinander und verbreiten sich über die ganze Fensterscheibe, wobei sie meistens einen Winkel von 60 Grad einschließen. Wenn wir eine Eisplatte



Eisblumen in schmelzendem Eise.

schmelzen, indem wir den Strahl einer elektrischen Lampe durch sie hindurchgehen lassen und mit Hülfe einer Glaslinse ein vergrößertes Bild der Platte auf einem Schirm entwerfen, so können wir wahrnehmen, wie die Eispartikelchen sich von einander trennen und in ihrer geometrischen Gestalt erscheinen. Still und symmetrisch baute die Krystallisationskraft die Atome auf, still und symmetrisch nimmt der elektrische Strahl sie wieder auseinander. „Betrachten Sie dieses

Bild," sagte Tyndall, als er den erwähnten Versuch in der Royal Society anstellte. „Wir haben hier einen Stern und dort einen Stern, und bei längerer Dauer des Vorganges scheint das Eis sich in Sterne aufzulösen, deren jeder sechs Strahlen zeigt und jeder einer schönen, sechsblättrigen Blume zu vergleichen ist. Ich rücke die Linse hin und her, so daß neue Sterne sichtbar werden; bei noch längerer Dauer des Vorganges werden die Blätter tief eingekerbt und breiten sich farrnkrautähnlich auf dem Schirme aus. Wahrscheinlich haben Wenige unter den hier Anwesenden eine Ahnung gehabt von der Schönheit, welche in einem Stücke gewöhnlichen Eises verborgen ist. Und so verschwenderisch wirkt die Natur allenthalben in der Welt. Jedes Atom des festen Eises, welches die gefrorenen Seen des Nordens bedeckt, hat diesem Gesetze gemäß seine Stelle gefunden. Die Natur strahlt gleichsam Musik aus, und es ist die Aufgabe der Wissenschaft, unsere Organe so zu klären, daß wir die Melodie verstehen können."

In den Schneeflocken hat man nicht blos einige wenige Blumengestalten, wie bei dem eben besprochenen Versuche, sondern mehr als hundert verschiedene Formen nachweisen können, denen allen das reguläre Sechseck mit seinem Winkel von 60 Grad zu Grunde liegt. Scoresby hat bei seinen Reisen im Eismeer im Ganzen 96 untersucht und von ihnen die beifolgende Zeichnung entworfen. Kämptz versichert, daß er außer diesen noch 20 andere gefunden habe und daß es wahrscheinlich gegen 200 verschiedene Formen gäbe. „Wer bewundert nicht, ruft er aus, die unendliche Macht der Natur, die so viele verschiedene Formen einem so kleinen Körper zu verleihen vermag!" Die erste Form ist die gewöhnlichste; sie hat meistens 2 Millimeter Durchmesser und bildet sich, wenn die Temperatur dem Nullpunkte nahe ist. Die sechsseitigen Platten haben höchstens 3 Millimeter Durchmesser und stellen sich nur bei strenger Kälte ein. Die Flocken mit einem Kern und verzweigten Seitenästen erscheinen, wenn das Thermometer einige Grad unter dem Gefrierpunkte steht, und haben 4—5 Millimeter Durchmesser. Je größer die Kälte ist, um so feiner ist der Schnee; in der Polarzone ist er bei 16 Grad staubförmig. Auch in unseren Gegenden tritt er bisweilen bei sehr großer Kälte in dieser Gestalt auf.

Der Schnee fällt bisweilen in ganz ungeheurer Menge; so ist das Jahr 1850 durch die gewaltigen Schneefälle, welche in ganz Europa stattfanden, ausgezeichnet. Auf dem St. Bernhard häufte sich der Schnee 45 Fuß hoch an, und die Mönche mußten, um ihr Kloster verlassen zu können, sich einen Gang durch die Schneeberge graben. In Attika lag er einen Meter hoch, seit Menschengedenken war eine ähnliche Erscheinung dort nicht eingetreten. Der Hymettus, Penthelicon und Parnes bildeten mit der Ebene der Olivenbäume nur eine weite, weiße Landschaft. Auch in Neapel und Constantinopel schneite es reichlich. In Frankreich war die Communication an manchen Orten tagelang unterbrochen und viele Personen erfroren

Gestalten von Schneeflocken.

Digitized by Google

Digitized by Google

auf den Landstraßen. In den nördlichen Gegenden, wie in Sibirien, sind die Schneestürme weit verderblicher als die strenge Kälte. Sie dauern einen bis drei Tage; die Atmosphäre wird verfinstert durch die Masse des herabfallenden oder durch den Wind aufgewirbelten Schnees. Im Jahre 1827 wurden alle Heerden der inneren Kirgisenhorde zwischen dem Ural und der Wolga durch einen Schneesturm nach Saratow hin gejagt. Bei dieser Gelegenheit gingen 280,500 Pferde, 30,400 Rinder, 10,000 Kameele und mehr als eine Million Schafe zu Grunde.

Schneefall in den Anden.

Aehnliche Unglücksfälle, wenn auch nicht in diesem Umfang, ereignen sich bisweilen selbst in milderen Gegenden. Am 8. Januar 1848 wurde ein Zug Reisender zwischen Aumale und Algier auf der Höhe des Sak=Hamondi von einem Schneesturm überfallen, welcher die Maulthiere in die Schluchten stürzte und in kaum einer Viertelstunde 14 von den 44 Reisenden tödtete. Der Schnee fällt bisweilen, namentlich in Gebirgsgegenden, so dicht, daß er in geringer Entfernung einen weißen Vorhang zu bilden scheint, der die Gegend gänzlich verhüllt. Die Wege verschwinden bald vollständig, der Reisende kann sich nur schwer orientiren, und selbst

Digitized by Google

in den Ebenen des mittleren Europa kommt es vor, daß er vollständig verirrt, ermüdet hinsinkt und unter der weißen Decke für immer entschläft.

Man hat versucht, die Dichtigkeit des Schnees zu bestimmen, und ist dabei zu verschiedenen Resultaten gelangt. Sedileau fand, daß das Wasser des geschmolzenen Schnees nur den fünften Theil des ursprünglichen Volumens einnahm. La Hire bestätigte dies und fügte hinzu, daß er im Jahre 1711 Schnee gesammelt habe, dessen Schmelzwasser nur dem zwölften Theil des ursprünglichen Volumens gleichkam. Muschenbroek behauptet, in Utrecht Schnee gefunden zu haben, der 20 mal leichter war als Wasser. Aus neuerer Zeit haben wir nur die Untersuchungen Quetelets über diesen Gegenstand, welche ergeben, daß der Schnee im Mittel zehnmal leichter ist als Wasser.

Ein sehr feiner Schnee setzt sich des Morgens im Winter, Herbst und Frühling an den Zweigen der Bäume, den Stengeln der Pflanzen und allen an der Erde liegenden Gegenständen ab, wenn die Temperatur unter Null ist. Es ist dies der Reif, den man auch gefrorenen Thau nennen könnte und dessen zierliches Gewebe unseren Winterlandschaften das eigenthümliche Gemisch von Strenge und Melancholie verleiht, welches sie charakterisirt. Der Reif bildet sich namentlich an nebligen Morgen, und oft gelingt es der Sonne erst am Nachmittage, diese kleinen von der atmosphärischen Feuchtigkeit abgelagerten Stalaktiten zu schmelzen. Die Theorie, welche seiner Bildung zu Grunde liegt, werden wir später kennen lernen, wenn von dem Thau die Rede sein wird.

Plötzlich hereinbrechendes Unwetter bringt bisweilen einen Schauer von Schnee, der dichter und körniger ist, als der gewöhnliche, und Graupelhagel genannt wird. Diese gefrorenen Wassertropfen stammen wahrscheinlich nicht aus den Schneewolken, sondern sind beim Herabfallen gefroren; sie zeigen nicht die symmetrischen Formen, welche wir soeben bei den Schneeflocken bewunderten. Sie stellen sich vorzugsweise beim Ende des Winters und bei den Schauern des März ein. Der Hagel, der nichts anderes als große Graupelkörner zu sein scheint, unterscheidet sich doch von diesen durch seinen Ursprung; von ihm wird die Rede sein, wenn wir vom Regen und vom Gewitter sprechen.

Wenn der Regen auf einen Boden fällt, dessen Temperatur unter dem Gefrierpunkte liegt, so gefriert er und überzieht den Boden und bisweilen die Pflanzen mit einer glatten Rinde. So bildet sich das Glatteis, welches wir in jedem Winter einige Male in den Straßen der Städte und öfters auf den etwas kälteren Wegen des Landes treffen.

Gehen wir jetzt zu dem hauptsächlichsten Phänomen des Winters, zu der Eisbildung über. Sobald die Temperatur eine Zeit lang unter dem Nullpunkt bleibt, gefriert die Oberfläche stehender Gewässer. Kleine Eisblätter bilden sich auf derselben und vereinigen sich zu einer dünnen Haut, welche allmählig dicker

wird und sich bei andauerndem Froste weiß färbt. Die Theorie der Eisbildung beruht auf den Gesetzen des Gleichgewichts zwischen Wasserschichten von verschiedener Temperatur und verschiedener Dichtigkeit.

Schüttet man in dasselbe Gefäß mehrere Flüssigkeiten von verschiedener Dichtigkeit, die sich indessen nicht mit einander vermischen, so lagert sich die schwerste unten am Grunde ab, während die leichteste oben liegt. Während alle Körper bei sinkender Temperatur an Dichtigkeit zunehmen, macht das Wasser (und das Wismuth) eine Ausnahme, wenn auch nur innerhalb eines kleinen Temperaturintervalles. Nehmen wir Wasser, welches 10 Grad warm ist, und lassen es langsam erkalten, so finden wir es bei 9 Grad dichter, als bei 10°, bei 8 dichter als bei 9 Grad u. s. f. bis 3,5 Grad. Hier hat die Zunahme der Dichtigkeit ihre Grenze, und schon bei einer Abkühlung auf 3 Grad zeigt sich eine Abnahme der Dichtigkeit. Dieselbe setzt sich fort, wenn die Temperatur auf 2, 1 und zuletzt auf Null sinkt. Kurz das Wasser ist am dichtesten, d. h. am schwersten bei einer Temperatur, die $3^1/_2$ Grad über dem Gefrierpunkte liegt. Hiernach ist nichts einfacher, als anzugeben, wie das Gefrieren stehenden Wassers vor sich geht.

Nehmen wir an, daß in dem Augenblick, wo der Nordwind den Frost bringt, das Wasser in seiner ganzen Masse 10 Grad warm sei. Die Erkaltung der Flüssigkeit durch die Berührung mit der eisigen Luft schreitet von Außen nach Innen fort. Die Oberfläche, deren Temperatur wir zu 10 Grad annahmen, wird bald nur die Temperatur von 9 Grad haben. Da aber das Wasser bei dieser Temperatur schwerer ist, als bei 10 Grad, so sinkt die oberste Schicht herab und macht einer anderen noch nicht abgekühlten 10 Grad warmen Schicht Platz. Diese wird ihrerseits dasselbe erleiden, wie die vorige, und so fort, bis nach kürzerer oder längerer Zeit die ganze Masse 9 Grad warm ist. Das Wasser von 9 Grad wird gerade so schichtenweise erkalten und die ganze Masse sich bis auf 8 Grad abkühlen. Derselbe Vorgang wird sich bei 7, 6, 5 und 4 Grad wiederholen; sobald aber die gesammte Wassermasse bis auf $3^1/_2$ Grad abgekühlt ist, ändert sich die Sache.

Jetzt hat das Wasser seine größte Dichtigkeit erreicht, und wenn die atmosphärische Luft der Oberfläche noch $^1/_2$ Grad Wärme entzieht, so daß das Wasser 3 Grad warm ist, wird die obere Schicht leichter sein, als die darunter liegenden, und daher nicht untersinken. Eine weitere Temperaturerniedrigung wird dies ebensowenig bewirken, da vielmehr die obere Schicht immer leichter wird. Sie giebt daher allmählig immer mehr Wärme an die Luft ab, sinkt auf Null und gefriert. Die dünne Eisplatte an der Oberfläche befindet sich dann, so sonderbar dies auch erscheinen mag, über einer Flüssigkeitsmasse gelagert, deren Temperatur, wenigstens am Grunde, $3^1/_2$ Grad beträgt.

Ein Fluß und überhaupt jedes fließende Wasser gefriert nicht an der Oberfläche, wie stehendes Wasser, sondern durch die Vereinigung und das Zusam-

menfrieren der treibenden Eisschollen. In kleinen Wasserläufen, wie in Bächen von der Breite einiger Meter, bildet sich Eis an den Rändern beider Ufer, dehnt sich langsam aus und vereinigt sich in der Mitte. Bei größeren Flüssen dagegen kann das an den Rändern gebildete Eis wegen der Bewegung der Wassermasse sich nicht so leicht vergrößern, und niemals wird es sich ganz über den Fluß breiten. Allein es bilden sich große Eisschollen am Grunde des Flusses; dies unregelmäßig gebildete Grundeis reißt sich los und steigt wegen seiner geringeren Dichtigkeit an die Oberfläche.

In den Flüssen verursacht die Bewegung unaufhörlich Wirbel und das Wasser ist nicht nach Schichten von ungleicher Temperatur angeordnet; das leichteste Wasser schwimmt nicht immer auf der Oberfläche, sondern wird durch Strömungen in die Masse hineingerissen, welche hierdurch erkaltet und schließlich überall gleiche Temperatur hat. Während bei einem stehenden Gewässer die unteren Schichten nicht unter $3^1/_2$ Grad erkalten, können in einem bewegten Wasser die Oberfläche, die Mitte und der Grund gleichzeitig die Temperatur Null haben. Ist diese Gleichförmigkeit der Temperatur eingetreten, so vollzieht sich das Gefrieren am Grunde, nicht an der Oberfläche. Arago erklärt diese Bildung des Grundeises folgendermaßen.

Um die Krystallisation in einer Salzlösung zu befördern, genügt es, einen spitzigen Körper oder einen Gegenstand mit rauher Oberfläche in die Lösung einzutauchen; an den rauhen Stellen des Körpers bilden sich vorzugsweise die Krystalle und nehmen rasch an Größe zu. Jedermann kann sich leicht überzeugen, daß es sich gerade so mit den Eiskrystallen verhält, und daß, wenn das Gefäß, in welchem das Gefrieren vorgehen soll, einen Riß, einen Vorsprung, überhaupt irgend eine Unterbrechung der Gleichförmigkeit hat, diese Unregelmäßigkeiten eben so viele Mittelpunkte werden, um welche sich die entstehenden Eisnadeln reihen. Was wir eben geschildert haben, trifft genau bei dem Gefrieren der Flüsse zu. Dasselbe geht auf dem Flußbette vor sich, wo Felsbrocken, Kiesel, Holzstücke, Kräuter u. s. w. lagern.

Ein zweiter Umstand, der ebenfalls eine gewisse Rolle bei diesem Vorgange zu spielen scheint, ist die Bewegung des Wassers. An der Oberfläche ist dieselbe sehr schnell und heftig; sie muß daher die symmetrische Gruppirung der Eisnadeln, jene polare Anordnung, ohne welche kein Krystall regelmäßige Gestalt und Festigkeit erlangen kann, beeinträchtigen, und oft die Krystallkerne in ihrem rudimentären Zustande zerbrechen. Am Grunde dagegen muß die Bewegung, dies große Hinderniß der Krystallisation, viel geringer als an der Oberfläche sein, wenn sie überhaupt hier noch stattfindet. Aller Wahrscheinlichkeit nach kann daher ihre Wirkung nicht verhindern, daß sich mit der Zeit zahlreiche kleine Eisnadeln ordnungslos aneinander legen und so eine Art schwammigen Eises bilden.

Ein aufmerksamer Beobachter kann leicht wahrnehmen, wie sich auf einem Flusse die Eisdecke durch das Zusammenfrieren der treibenden Schollen bildet. In Paris lieferte der kalte Winter von 1709 den Beweis, daß es des Treibeises bedarf, wenn die Seine gefrieren soll. In diesem Jahre blieb sie ohne Eisdecke. Im Gegensatze zu weniger strengen Wintern hatte nämlich die sehr heftige Kälte die kleinen Bäche, welche sich oberhalb Paris in die Seine ergießen,

Treibeis auf der Seine.

plötzlich ganz und gar zum Gefrieren gebracht; deshalb stellte sich auf der Seine kein Treibeis ein und die Mitte des Flusses blieb eisfrei.

Bäche gefrieren erst bei einer Temperatur von fünf Grad unter Null. Damit größere Flüsse gefrieren, muß um so niedrigere Temperatur eintreten, je reißender sie sind. Hält der strenge Frost längere Zeit an, so wird die Eisdecke immer dicker und erlangt zuletzt eine solche Festigkeit, daß Menschen und selbst Fuhrwerke hinüber gelangen können; es kann die Angabe der größten Lasten, welche das Eis noch zu tragen vermag, beinahe ein Maßstab für die Strenge des Winters werden. Es ist daher von Interesse zu untersuchen, wie dick das Eis

Digitized by Google

mindestens sein muß, um eine bestimmte Last tragen zu können. Die Erfahrung lehrt, daß es mindestens 5 Centimeter stark sein muß, um einen Menschen zu tragen, und 9 Centimeter, wenn ein Reiter sicher passiren soll. Bei einer Stärke von 13 Centimetern trägt es kleinere auf Schlitten gelegte Kanonen, und wenn es 20 Centimeter dick ist, können bespannte Geschütze hinübergeführt werden. Ganz schwer belastete Fuhrwerke, eine ganze Armee oder eine große Menschenmenge können sicher passiren, wenn die Dicke auf 27 Centimeter gestiegen ist.

Im Jahre 1795 bemächtigte sich die französische Cavallerie der bei Texel eingefrorenen holländischen Flotte. Auf den russischen Flüssen kann das Eis in sehr strengen Wintern einen Meter dick werden, während man es in Frankreich höchstens $^{2}/_{3}$ Meter stark gefunden hat. In dieser Stärke ist es so widerstandsfähig, daß man im Jahre 1740 in Petersburg ein elegantes Palais in der Länge von 50, der Breite von 15 und der Höhe von 18 Fuß aus Eis bauen konnte. Das Gewicht der Decke und der oberen Theile überhaupt wurde ganz gut von dem Fuß des Gebäudes getragen. Vor dem Eispalaste waren sechs aus Eis angefertigte Kanonen aufgestellt, deren Lafetten gleichfalls aus Eis bestanden. Man feuerte sogar mit diesen Geschützen und die Kugeln durchschlugen auf 60 Fuß Entfernung ein 2 Zoll dickes Brett. Die Kanonen waren nur 4 Zoll dick und wurden mit einem Viertelpfunde Pulver geladen; keine derselben zersprang beim Abfeuern. Die Newa hatte das Material zu diesem seltsamen Gebäude geliefert.

Wir sagten, daß das Wasser beim Gefrieren leichter wird und somit ein größeres Volumen einnimmt; eine Folge dieser Ausdehnung und zugleich ein Beweis für dieselbe ist das Zerspringen von Gefäßen, in denen das Gefrieren vor sich geht; es tritt um so leichter ein, je schneller sich das Gefrieren vollzieht und je enger das Gefäß nach oben hin ist. Huyghens füllte, um die ausdehnende Kraft des gefrierenden Wassers zu studiren, ein fingerdickes eisernes Kanonenrohr mit Wasser und verschloß dasselbe sorgfältig. Als dies Rohr zwölf Stunden lang einem starken Froste ausgesetzt wurde, platzte es mit lautem Krachen an zwei Stellen. In den physikalischen Hörsälen wird ein ähnliches Experiment oft genug angestellt, wobei die Temperatur durch künstliche Mittel erniedrigt wird. In der Academie del Cimento wurden auf diese Weise mehrere Gefäße zersprengt, und Muschenbroek berechnete, daß bei einem dieser Experimente eine Kraft von 27,700 Pfund zur Geltung gekommen wäre. Der Major Williams in Quebec füllte eine Bombe von 13 Zoll Durchmesser mit Wasser und verschloß das Zündloch mit einem eisernen, fest eingekeilten Stöpsel. Als die Bombe einer sehr heftigen Kälte ausgesetzt wurde, gefror das Wasser und schleuderte den Stöpsel 400 Fuß weit fort, während aus dem Loche ein 8 Zoll langer Eiscylinder hervortrat. Bei einem zweiten Versuche widerstand der Stöpsel, aber die Bombe platzte und aus der Spalte trat eine Eisplatte hervor. Hiernach hat es nichts Auffälliges, wenn die

Röhren einer Wasserleitung unter Einfluß des Frostes springen. Poröse Gesteine werden durch den Frost leicht zertrümmert; das Wasser dringt in die Poren ein, dehnt sich beim Gefrieren aus und zersprengt den Stein. Ebenso gehen manche Pflanzen im Winter zu Grunde, indem das in den Gefäßen enthaltene Wasser gefriert und bei seiner Ausdehnung die Gewebe zerreißt.

Schließen wir dies Capitel mit einer Uebersicht über die strengen Winter, die seit hundert Jahren eintraten. Es ist dabei freilich fraglich, bis zu welchem Punkte die Temperatur sinken muß, damit man von strenger Kälte sprechen kann. Sehr oft versteht man hierunter schon eine Temperatur von 10 Grad unter dem Gefrierpunkte; wir werden uns aber hier nur auf solche Winter beschränken, deren Dauer und Strenge ausreichten, um große Flüsse, wie die Seine und den Rhein, zum Gefrieren zu bringen, oder um die Gewebe der Bäume zu zerstören, oder um überhaupt bedenkliche Folgen für die Pflanzen- und Thierwelt zu haben.

Das Jahr 1776 brachte einen ausnehmend strengen Winter; Tiber, Rhein, Seine, selbst die so sehr reißende Rhone gefroren. In Paris gefror der Wein in den Kellern und sprengte die Fässer. In den Wäldern hörte man das Krachen der Bäume, welche der Frost spaltete. Auf den Landstraßen erfroren vielfach Reisende und wurden vom Schnee begraben.

Der Winter von 1788 auf 1789, welcher der französischen Revolution vorherging, gehörte zu den strengsten und anhaltendsten, die über ganz Europa gewüthet haben. Zu Paris begann der Frost am 25. November und hielt mit der Unterbrechung während eines einzigen Tages (25. December) 50 Tage hintereinander an. Vom 13. Januar an herrschte Thauwetter. Der Schnee lag $^2/_3$ Meter hoch. Auf dem großen Canal von Versailles, auf den Teichen und mehreren Flüssen lag eine fast ebenso starke Eisdecke. Das Wasser gefror in mehreren sehr tiefen Brunnen und ebenso der Wein in den Kellern. Die Seine fing am 26. November an zu gefrieren, mehrere Tage lang war ihr Lauf unterbrochen, und der Eisgang fand erst am 20. Januar statt. Am 31. December stand das Thermometer am tiefsten, nämlich auf — 17,4 Grad. In den übrigen Theilen Frankreichs und in ganz Europa war die Kälte nicht minder heftig. Die Rhone war bei Lyon vollständig zugefroren, die Garonne bei Toulouse. An den Küsten des atlantischen Oceans war das Meer mehrere Stunden weit gefroren. Das Eis des Rheins war so stark, daß beladene Wagen hinüber fahren konnten. Die Elbe war ebenfalls ganz zugefroren und trug Frachtwagen. Der Hafen von Ostende war so stark zugefroren, daß man zu Fuß und zu Pferde das Eis passiren konnte. Das Meer war bis auf eine Entfernung von vier Stunden von den äußeren Festungswerken mit Eis bedeckt, so daß sich kein Schiff nähern konnte. Die Themse war bis Gravesend, sechs Stunden unterhalb London, zugefroren; wäh-

rend des Weihnachts- und Neujahrsfestes war der Fluß in London mit Buden besetzt. Ueber das Eis des großen Belt fuhr man mit Wagen, der Sund blieb nur in einer Breite von 200 Metern offen. In Basel sank das Thermometer auf 30 Grad unter Null, in Bremen auf — 28,5, in Dresden auf — 25,6, in Berlin auf — 23, in Paris auf — 17,4, in Marseille auf — 13,6 Grad. Die Kälte dieses Winters war für Menschen und Thiere höchst verderblich; auch die Pflanzenwelt wurde arg geschädigt. In der Gegend von Toulouse gefror das Brod in fast allen Haushaltungen, so daß man es am Feuer erwärmen mußte, um es schneiden zu können. Mehrere Reisende kamen im Schnee um. Zu Lemberg in Galizien erfroren innerhalb dreier Tage 39 Personen. Vögel, welche sich im Norden aufzuhalten pflegen, zeigten sich in mehreren Provinzen Frankreichs. Die Fische kamen fast in allen Teichen um in Folge der Dicke, welche das Eis erreicht hatte.

Der Winter von 1794—1795 war merkwürdig lang und strenge für ganz Europa. In Paris zählte man 42 Frosttage hintereinander. Am 25. Januar herrschte hier eine Kälte von 18,8 Grad, die größte, die jemals in Paris beobachtet worden ist. In der Nähe von Genf fiel das Thermometer auf — 11,2°. Der Main, die Schelde und der Rhein waren so fest gefroren, daß Fuhrwerke und Truppenabtheilungen sie an mehreren Stellen überschritten. Die Themse gefror in den ersten Tagen des Januar bei White-Hall trotz der Höhe der Fluth. Pichegru sandte in Nord-Holland am 20. Januar Abtheilungen von Cavallerie und leichter Artillerie mit dem Befehl ab, daß die Cavallerie über den Texel gehen und sich der vom Frost vor Anker überraschten holländischen Flotte bemächtigen sollte. Die französische Reiterei überschritt die Eisfelder im Galop, gelangte zu den Schiffen, forderte sie zur Uebergabe auf, nahm sie ohne Kampf und machte die Seetruppen zu Gefangenen.

Auch während des Winters von 1798 auf 1799 herrschte in ganz Europa strenge Kälte. Zu Paris zählte man 32 Frosttage hintereinander und das Thermometer fiel auf — 13,6°. Die Seine war vom 26. December bis zum 19. Januar zugefroren vom Pont de la Tournelle bis zum Pont Royal, doch war das Eis nicht sicher. Zu Chaillot wurde ein Alpenadler von der Kälte getödtet. Die Maas, die Elbe und der Rhein waren fester zugefroren, als die Seine. Ueber die Maas fuhren Wagen; im Haag und zu Rotterdam waren Buden auf dem Eise errichtet und allerlei Schauspiele wurden dort aufgeführt. Ein von Mainz ausrückendes Dragonerregiment ging über das Eis statt über die Brücke von Kastel, die man hatte abbrechen müssen.

Der Winter von 1812 bis 1813 ist für alle Zeiten denkwürdig durch das schreckliche Unglück, welches die französische Armee auf ihrem Rückzug nach dem Brande von Moskau mitten in den eisigen Ebenen Rußlands betraf. Strenge

Kälte stellte sich in ganz Europa frühzeitig ein, und zwar fiel überall die niedrigste Temperatur der beiden Jahre 1812 und 1813 auf den December 1812. In Moskau fiel der erste Schnee am 13. October, der Rückzug begann am 18. Napoleon verließ die Stadt am 19., die vollständige Räumung derselben währte bis zum 23. Die Armee marschirte auf Smolensk, ohne daß das Schneien aufgehört hätte. Vom 7. November an wurde die Kälte sehr groß; das Thermometer zeigte am 9. — 12° und sank am 17. bis auf — 21°. Das tapfere Corps des Marschall Ney, sagt Arago, entkam der es von allen Seiten einschließenden russischen Armee dadurch, daß es in der Nacht zum 19. November über den zugefrorenen Dnjepr ging. Am Abend vorher ging ein russisches Armeecorps mit seiner Artillerie über das Eis der Düna. Aber die Kälte nahm wieder ab, und am 24. trat Thauwetter ein, ohne indessen anzuhalten, so daß während des langen und verhängnißvollen Ueberganges über die Beresina in den Tagen vom 26. bis 29. November der Fluß zahlreiche Eisschollen führte und den Soldaten nirgends den Uebergang gestattete. Gleich darauf begann aufs Neue heftiger Frost und das Thermometer sank am 30. November auf — 20°, am 6. December gar auf — 29,6°, nachdem Napoleon am Tage vorher von Smorgoni abgereist war und das 29. Bulletin verfaßt hatte, durch welches Frankreich einen Theil der Unglücksfälle dieses schrecklichen Feldzuges erfuhr.

Die Folgen der strengen Kälte, der die schlecht bekleideten Soldaten plötzlich ausgesetzt waren, mögen hier als Beispiel der Einwirkung sehr niedriger Temperaturen auf die belebten Wesen angegeben werden. Zunächst belästigten die dichten Schneefälle im Anfange des Novembers die Armee. „Während der Soldat, sagt Segur, sich mühsam durch die Schneewirbel Bahn bricht, häufen sich die vom Sturm getriebenen Flocken in allen Höhlungen des Bodens an; ihre Oberfläche verbirgt unbekannte Vertiefungen, welche sich unter unseren Fußtritten öffnen. Der Soldat stürzt hinein und die Schwächsten bleiben dort begraben zurück. Die Folgenden wenden sich seitwärts, aber der Sturm peitscht ihnen den Schnee in das Gesicht, sowohl den, der aus der Luft herabfällt, als auch den, welcher vom Boden aufwirbelt. Ihre durchnäßte Kleidung gefriert am Leibe; die Kälte dieser eisigen Umhüllung packt ihren Körper und erstarrt ihre Glieder. Ein schneidender und heftiger Wind behindert das Athmen, beim Ausathmen bilden sich Eiszapfen, die von dem Barte rund um den Mund herum hängen. Die Unglücklichen schleppen sich zähneklappernd fort, bis der Schnee, der sich wie ein Stein an ihre Füße hängt, ein Ast oder der Leichnam eines Kameraden sie straucheln und fallen läßt. Vergeblich jammern sie, bald bedeckt sie der Schnee, und leichte Erhöhungen lassen sie erkennen; so werden sie bestattet! Der ganze Weg ist mit diesen Hügeln bedeckt, gerade wie ein Kirchhof. Die Unerschrockensten wie die Gleichgültigsten werden ergriffen, sie wenden ihre Blicke ab und gehen schnell vorüber. Aber vor

ihnen und ringsum ist Alles Schnee; ihr Blick verliert sich in dieser ungeheuren und trostlosen Gleichförmigkeit, die Einbildungskraft entsetzt sich; die Natur umhüllt gleichsam die Armen mit einem ungeheuren Leichentuche. Die einzigen Gegenstände, die aus demselben hervorragen, sind düstere Tannen, diese Kirchhofsbäume, deren dunkles Grün, deren gigantische, unbewegliche schwarze Stämme, deren melancholisches Aussehen nur den trostlosen Anblick einer allgemeinen Trauer, einer wilden Natur und einer mitten in der todten Natur dahinsterbenden Armee vervollständigen. Alles, selbst ihre Waffen, die einst zum Angriff, jetzt nur noch zur Vertheidigung dienten, wandte sich gegen sie. Sie schienen ihrem erstarrten Arm eine unerträgliche Last; bei dem häufigen Niederstürzen entglitten sie ihrer Hand, zerbrachen oder verloren sich im Schnee. Wer wieder aufstand, that es ohne Waffen; sie warfen sie nicht weg, Hunger und Kälte entrissen sie ihnen. Wer sein Gewehr noch hielt, dem erfroren nicht selten die Finger an demselben, da es die zur Erhaltung der Lebenswärme nothwendige Bewegung beeinträchtigte."

Ein Ober-Chirurg der großen Armee, René Bourgeois, hat die grausamen durch die Kälte hervorgerufenen Leiden folgendermaßen beschrieben: „Das vom Schnee verdorbene Schuhzeug der Soldaten war bald abgenutzt. Man war genöthigt, die Füße in Lumpen, in Reste von Kleidungsstücken oder in Thierhäute zu hüllen, die man mit Bindfaden befestigte. Der Frost erstarrte schnell alle die Theile, welche er erreichen konnte. Seine Verheerungen wurden noch dadurch verderblicher, daß die Soldaten, beim Feuer angelangt, die erfrorenen Stellen demselben unvorsichtig aussetzten, welche, da sie das Gefühl verloren hatten, die Einwirkung der zerstörenden Hitze nicht empfanden. Statt der gesuchten Linderung veranlaßte die plötzliche Wirkung des Feuers lebhafte Schmerzen und führte sofort den Brand herbei. Alle geistigen Fähigkeiten waren bei der Mehrzahl der Soldaten vernichtet. Die Gewißheit des Todes hinderte sie, irgend eine Anstrengung zu machen, um sich ihm zu entziehen. Viele befanden sich in einem wahren Zustande des Blödsinns mit starrem Blick und verstörtem Auge; sie marschirten wie Automaten im tiefsten Schweigen. Scheltworte, selbst Schläge brachten sie nicht zu sich selbst. Um nicht zu unterliegen, bedurfte es einer unausgesetzten Bewegung, welche den Körper im Zustande der Erwärmung erhielt und die natürliche Wärme in alle Glieder verbreitete. Wer, durch die Anstrengungen besiegt, unglücklicher Weise dem Bedürfniß nach Schlaf nachgab, bei dem bedurfte es, da die Lebenskraft nur schwachen Widerstand leistete, nur einer kurzen Zeit, bis im wörtlichsten Sinne das Blut in seinen Adern gefror. Die jungen Soldaten, welche eben erst zu der großen Armee gestoßen waren und nun plötzlich von der großen Kälte betroffen wurden, gingen bald an dem Uebermaß der Leiden zu Grunde. Sie starben nicht aus Erschöpfung, sondern die Kälte allein tödtete sie. Man sah sie einige Augenblicke schwanken und mit unsicherem Tritt, wie

Trunkene, weiter schreiten. Alles Blut schien ihnen zu Kopfe gestiegen zu sein, denn die Gesichter waren roth und geschwollen. Bald waren sie völlig überwältigt und verloren alle Kraft. Ihre Glieder waren gelähmt; da sie die Arme nicht mehr heben konnten, so überließen sie dieselben ihrem eigenen Gewicht, so daß sie am Körper hinabhingen. Die Gewehre entfielen ihren Händen, ihre Kniee bogen sich und sie stürzten endlich, durch ohnmächtige Anstrengungen erschöpft, zu Boden. In dem Augenblicke, wo die Kräfte sie verließen, netzten Thränen ihre Augen; sie schienen vollständig den Verstand verloren zu haben, und sahen erstaunt und verstört aus. Aber der Gesammteindruck ihrer Physiognomie, die gewaltsame Zusammenziehung der Gesichtsmuskeln, zeugten von den grausamen Schmerzen, die sie erduldeten. Die Augen waren außerordentlich geröthet, das Blut drang durch die Poren und floß tropfenweise aus der inneren Haut der Augenlider."

Während in dieser Weise 450,000 Menschen zu Grunde gingen, kehrte Napoleon im warmen Wagen nach Paris zurück und verkündete der Welt, daß er sich niemals so wohl befunden habe.

Im Winter 1819—1820 war die Kälte in ganz Europa sehr groß, wenn auch ihre äußerste Strenge nicht lange anhielt. In Paris zählte man 47 Frosttage, von denen 19 aufeinander folgten; das Thermometer sank auf — 11,4°. Die Seine war vom 12. bis zum 19. Januar ganz zugefroren. Saone, Rhone, Rhein, Donau, Garonne, Themse, die Lagunen bei Venedig, der Sund waren so stark gefroren, daß man über das Eis gehen konnte. In Petersburg fiel das Thermometer bis auf — 25,6, in Berlin auf — 19,2, in Marseille auf — 14°. In Frankreich kündigte sich die lebhafte Kälte an der Meerenge von Calais durch das Erscheinen vieler aus den Polargegenden kommender Vögel an, wie Schwäne und wilde Enten von verschiedenem Gefieder. Mehrere Reisende erfroren. In Berlin fand man mehrere Posten in ihren Schilderhäusern todt; in Petersburg sollen in einer Nacht 170 Schildwachen erfroren sein; in mehreren Quartieren dieser Stadt zeigten sich Wölfe, die der Hunger dahin getrieben hatte.

Von allen Wintern in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts ist der Winter von 1829 bis 1830 der frühzeitigste und anhaltendste gewesen. Der Frost wurde durch seine lange Dauer dem Ackerbau namentlich in den südlichen Gegenden höchst verderblich. Die außergewöhnliche Kälte erstreckte sich auf ganz Europa; viele Flüsse froren zu und das Aufthauen war von verderblichem Eisgang und großen Ueberschwemmungen begleitet. Viele Menschen und Thiere kamen um, die Feldarbeiten waren lange unterbrochen. In Jassy trat schon am 22. October starker Frost ein, in Paris sank schon am 21. November das Thermometer auf — 4,2 Grad. Die niedrigste Temperatur war in Petersburg — 28, in Berlin — 16,8, in Paris — 12,6°. An den hochgelegenen Orten der Schweiz war der Winter

übermäßig strenge. In Freiburg zählte man 118 Frosttage und zwar 69 hintereinander. In den Ebenen z. B. in Yverdun nahm man eine sehr intensive Wirkung der Strahlung wahr, indem das Thermometer in wenigen Stunden von 8 auf 16 Grad fiel. Man sah auch den sogenannten staubartigen Polarschnee fallen, der nur bei sehr niedrigen Temperaturen vorkommt. Die Seine fror zweimal zu und blieb das erste Mal 29 Tage, das zweite Mal 5 Tage, im Ganzen also 34 Tage gefroren. In Havre fror sie am 27. December zu, und am 18. Januar veranstaltete man zu Rouen einen Markt auf dem Eise. Nach sechs Tagen Thauwetter stauten sich die von Corbeil und Melun herbeigetriebenen Eisschollen am 25. Januar bei der Brücke von Choisy an und bildeten dort eine 15 Fuß hohe Mauer.

Im Winter 1840—1841 zählte man in Paris 59 Frosttage, 27 hintereinander. Der Frost begann am 5. December und hielt mit einer Unterbrechung vom 1. bis 3. Januar bis zum 10. dieses Monats an. Eine zweite Frostperiode währte vom 30. Januar bis zum 10. Februar. Am 16. December trieb die Seine große Eisschollen, welche den einen Bogen des Pont Royal verstopften. Am folgenden Tage gefror der Fluß bei der Austerlitzbrücke und war am 18. bei Bercy passirbar. Am 15. December fand in Paris der feierliche Einzug der aus St. Helena zurückgeführten Ueberreste Napoleons statt. Das Thermometer zeigte an diesem Tage an den der nächtlichen Strahlung ausgesetzten Orten — 11,2°. Eine unzählige Menschenmenge, die Legionen der pariser Nationalgarde, zahlreiche Regimenter standen vom Morgen bis 2 Uhr Nachmittags in den Elysäischen Feldern und litten grausam von der Kälte. Nationalgarden und Arbeiter glaubten sich durch Branntwein erwärmen zu können, starben aber in Folge von augenblicklich eintretenden Congestionen. Andere Personen wurden Opfer ihrer Neugierde; sie waren, um den Zug zu überblicken, auf die Bäume geklettert, vermochten sich aber, als ihre Glieder durch die Kälte erstarrt waren, nicht festzuhalten, sondern fielen herab und starben.

Der Winter von 1854—1855 war ziemlich strenge und von ungewöhnlich langer Dauer. Im Osten Frankreichs begann der Frost im October und hielt in jener Gegend bis zum 28. April an. In Paris gab es 50 Frosttage, von denen 17 hintereinander lagen. Seine und Rhone hatten Treibeis, gefroren aber nicht. Dagegen fror die Saone zu, ebenso der Rhein bei Mannheim, wo das Eis für Fußgänger passirbar war.

Der Winter von 1870—1871 muß ebenfalls zu den strengen gezählt werden wegen der großen Kälte im December und Januar, wenn auch im Februar mildes Frühlingswetter herrschte. In den beiden ersten Monaten zählte man in Paris 42 und in Brüssel 47 Frosttage. Die strenge Kälte trug nicht wenig zur Erhöhung der Sterblichkeit in dem belagerten Paris bei.

Renou ist der Meinung, daß sehr strenge Winter ungefähr alle vierzig Jahre eintreffen und führt als Beispiel die Winter von 1709, 1749, 1789, 1830 und 1870 an, von denen der zweite allerdings nur mäßig strenge war.

Die strengste Kälte, die man bis jetzt beobachtet hat, beträgt für Frankreich 25, England 16, Niederlande 19, Skandinavien 44, Rußland 35, Deutschland $28^1/_2$, Italien $14^1/_4$, Spanien 9 Grad. Für die außereuropäischen Länder besitzen wir noch nicht genug Beobachtungen, um den niedrigsten Grad der Temperatur für sie angeben zu können.

Am Fort Reliance in Nordamerika hat man 45,3 und bei Semipalatinsk 46,4° beobachtet. Das Quecksilber gefriert bei 32 Grad unter Null. An einzelnen Orten, wie z. B. auf der Melville-Insel, bleibt es mehrere Monate lang gefroren. Der Capitain Parry versichert, daß ein Mensch, wenn er durch passende Kleidung gegen die Kälte geschützt ist, sich bei einer Temperatur, wo das Quecksilber gefriert, noch ohne große Unbequemlichkeit im Freien aufhalten kann, wenn Windstille herrscht. Im entgegengesetzten Falle leidet die Haut sehr schnell durch den Frost. Das gefrorene Quecksilber gleicht dem Blei, ist aber nicht so geschmeidig und läßt sich leicht zerbrechen. Bei der Berührung brennt es wie glühendes Eisen.

Es sind dies die größten bekannten Kältegrade. Vergleicht man sie mit den höchsten im vorigen Capitel angeführten Hitzegraden, der Temperatur des heißen Sandes, so findet man, daß die Temperaturschwankungen auf der Erde sich über 106 Grad erstrecken.

## Siebentes Capitel.

## Vertheilung der Wärme über die Erdoberfläche.

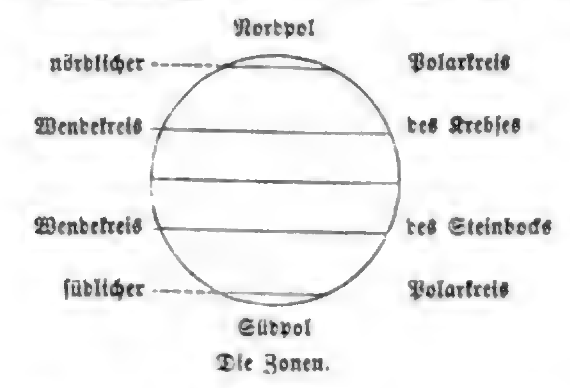
Zieht man auf der Erde zu beiden Seiten des Aequators in der Breite von 23° 28′ eine Linie parallel zum Aequator, so erhält man zwei Breitenkreise, zwischen denen man die Sonne zweimal im Jahre scheitelrecht erblickt. Es sind dies die Wendekreise oder Tropen. Der nördliche heißt der Wendekreis des Krebses, weil zur Zeit des Sommersolstitiums, wo die Sonne in seinem Zenith steht, dies Gestirn in das Himmelszeichen des Krebses tritt; der südliche heißt der Wendekreis des Steinbocks, weil die Sonne, welche zur Zeit des Wintersolstitiums im Zenith dieses Kreises steht, jetzt in das Zeichen des Steinbocks tritt. Die von beiden Wendekreisen eingeschlossene Zone ist die wärmste Gegend der Erde, weil für sie die Sonne sich bis zu ihrer größten Höhe erhebt, und heißt deswegen die heiße oder die tropische Zone.

Zieht man ferner zwei Kreise, welche von den Polen 23° 28′, also vom Aequator 66° 32′ entfernt sind, so gewinnt man die Polarkreise, welche alle die Orte umschließen, für welche in gewissen Zeiten des Jahres die Sonne länger als einen Tag oberhalb oder unterhalb des Horizontes verweilt. Diese Kreise begrenzen die beiden kalten Zonen.

Zwischen der heißen und den beiden kalten Zonen liegen die gemäßigten Zonen, für welche die Sonne täglich auf- und untergeht, ohne jemals bis zum Zenith aufzusteigen. Vom Winter- bis zum Sommersolstitium erreicht die Sonne auf unserer Halbkugel immer größere Höhe und läßt die Tage länger werden; in der zweiten Jahreshälfte steigt die Sonne immer weniger hoch auf und die Tage verkürzen sich bis zum Wintersolstitium. Für die südliche Halbkugel ist der Gang der Sonne genau entgegengesetzt, sie erreicht ihren höchsten Stand im December, ihren tiefsten im Juni. Die beiden kalten Zonen nehmen zusammen

etwa acht Hundertstel, die beiden gemäßigten etwas über die Hälfte und die heiße Zone zwei Fünftel der Erdoberfläche ein.

Die Dauer des längsten und kürzesten Tages unter den verschiedenen Breiten vom Aequator bis zum Pol läßt sich aus folgender Zusammenstellung ersehen. Unter dem Aequator (Quito) dauert der Tag immer 12 Stunden. In der Breite von 5° (Bogota) dauert der längste Tag 12 St. 17 Min., der kürzeste 11 St. 43 Min. Bei 10° (Gondar) sind diese Zahlen 12 St. 35 M. und 11 St. 25 M.; für 15° (St. Louis) 12 St. 53 M. und 11 St. 7 M., für 20° (Mexiko) 13 St. 13 M. und 10 St. 47 M.; für 25° (Canton) 13 St. 34 M. und 10 St. 26 M.; für 30° (Cairo) 13 St. 56 M. und 10 St. 4 M.; für 35° (Algier) 14 St. 22 M. und 9 St. 38 M.; für 40° (Neapel) 14 St. 51 M. und 9 St. 9 M.; für 45° (Turin) 15 St. 26 M. und 8 St. 34 M.; für 50° (Frankfurt) 16 St. 9 M. und 7 St. 51 M.; für 55° (Kopenhagen) 17 St. 7 M. und 6 St. 53 M.; für 60° (Petersburg) 18 St. 30 M. und 5 St. 30 M.; für 65°



Die Zonen.

(Archangel) 21 St. 9 M. und 2 St. 51 M.; für 66° 32′ (Polarkreis) 24 St. und 0 St.

Jenseits des Polarkreises bleibt die Sonne im Sommer mehrere Tage oberhalb, im Winter mehrere Tage lang unterhalb des Horizontes, und zwar für die Breite von 70° 65 Tage und für 80° 134 Tage. Für den Pol geht die Sonne ein halbes Jahr lang nicht unter; sie geht am 20. März auf, steigt ein Vierteljahr lang in einer Spirallinie empor, erreicht ihren höchsten Stand am 22. Juni, geht nun in einer Spirallinie abwärts und verschwindet am 22. September. Bei allen diesen Angaben ist die Sonne als Punkt betrachtet, und alle Dämmerungs- und Refractionserscheinungen sind außer Acht gelassen worden. Da nun der Durchmesser der Sonne 32 Minuten beträgt, so verschiebt sich die Grenze, wo sie am 21. December gar nicht mehr sichtbar wird, um 16 Bogenminuten weiter nach Norden, und da die Strahlenbrechung sie um 33 Minuten über den Horizont erhebt, so müßten wir abermals um diese Größe weiter nach Norden, d. h. also bis 67° 19′ gehen, um den Ort zu erreichen, wo sie einmal im Jahre gar nicht sichtbar wird. Da endlich die volle Nacht erst eintritt, wenn die Sonne

18° unterhalb des Horizontes steht, so folgt, daß in der Nähe der Pole die Tageshelle nur selten verschwindet und die völlige Nacht weit weniger lange herrscht, als man gewöhnlich zu glauben geneigt ist.

Die Jahreszeiten sind auf den beiden Halbkugeln einander entgegengesetzt, wie wir schon oben gesehen haben; sie sind nichts Anderes, als die Zeiten, welche die Erde gebraucht, um die 4 Abschnitte ihrer Bahn zwischen den Aequinoctien und den Solstitien zu durchlaufen. Da die Erde eine excentrische Bahn um die Sonne beschreibt und sich in der Sonnennähe schneller bewegt, als in der Sonnenferne, so sind die Jahreszeiten unter sich ungleich lang. Für die nördliche Halbkugel währt der Herbst 89 Tage 18 Stunden 35 Minuten, der Winter 89 T. 0 St. 2 M., der Frühling 92 T. 20 St. 59 M. und der Sommer 93 T. 14 St. 13 M. Es beträgt daher das Winterhalbjahr 178 T. 18 St. 37 M., das Sommerhalbjahr 186 T. 11 St. 12 M., so daß die Sonne ungefähr 8 Tage länger über der nördlichen als über der südlichen Halbkugel verweilt.

Da die Sonne die einzige Wärmequelle für die Erde ist, so müssen diejenigen Gegenden am wärmsten sein, über welchen sie am längsten verweilt und denen sie ihre Strahlen am steilsten zusendet; es sind dies die von den Wendekreisen eingeschlossenen Gegenden, weswegen man sie auch als heiße Zone bezeichnet. In dem Maße als man sich vom Aequator entfernt, erhebt sich die Sonne immer weniger hoch und die Nächte sind während eines halben Jahres länger als die Tage. Es findet dies in der gemäßigten Zone statt und hier rufen die Jahreszeiten eine weit größere Mannigfaltigkeit in den Werken der Natur hervor; doch nimmt die mittlere Temperatur fortwährend ab, entsprechend der Mittagshöhe der Sonne. Hat man endlich den Polarkreis überschritten, so gelangt man in die kalte Zone, in welcher die Sonne nur in den langen Sommertagen hoch genug steigt, um das Eislager dieser traurigen Gegenden zu schmelzen.

Da die geographische Breite den Winkel, unter welchem die Sonnenstrahlen die Erdoberfläche treffen und deswegen die climatischen Verhältnisse des Ortes bedingt, so müßte die Wärme gleichmäßig vom Aequator nach den Polen hin abnehmen, wenn die Erde eine vollständige Kugel mit homogener Oberfläche wäre. Drückte man beispielsweise die Wärme unter dem Aequator durch die Zahl 1000 aus, so würde sie unter den Wendekreisen durch 923, unter den Polarkreisen durch 500 auszudrücken sein. Aber die Erde ist keine vollständige und gleichförmige Kugel; ihre Oberfläche scheidet sich in Meer und Land, und das letztere ist von Gebirgen, Plateaus und Thälern durchzogen, so daß die Regelmäßigkeit in der Abnahme der Temperatur gestört wird.

Im vierten Buche werden wir sehen, daß die Atmosphäre sich in einem Zustande fortwährender Circulation befindet, und daß einige Hauptwinde periodisch über einzelnen Ländern wehen. Diese regelmäßigen Luftströmungen beeinträchtigen

die normalen climatischen Verhältnisse. So mildern die Passatwinde, welche eine doppelte Strömung zwischen den Polen und dem Aequator herstellen, gleicherweise die Kälte hoher Breiten und die Hitze der Tropenzone, indem sie zu der Erwärmung der ersteren und zur Abkühlung der letzteren beitragen.

Hierzu tritt eine zweite Ursache, welche eine Ungleichmäßigkeit der Temperatur für Punkte desselben Breitengrades hervorruft. Die Erdoberfläche besteht aus Land und Meer; da nun die specifische Wärme des Wassers weit größer ist, als die des Landes, d. h. da das Wasser weit mehr Wärme erfordert, als das Land, wenn die Temperatur beider um dieselbe Zahl von Graden erhöht werden soll, so folgt, daß das Meer im Sommer kälter, im Winter wärmer sein muß, als das Land. Die von der See her wehenden Winde bewirken daher, daß die Küsten einen wärmeren Winter haben, als das Binnenland. Da von allen Winden in Europa der Süd-West am häufigsten weht, so müssen die Westküsten Spaniens, Frankreichs, Schottlands und Norwegens im Winter weit wärmer sein, als die in gleicher Breite liegenden Binnenländer. Die große unter dem Namen des Golfstroms bekannte Meeresströmung, von welcher später die Rede sein wird, unterstützt noch diese mildernde Wirkung des Seewindes. Das Wasser erwärmt sich an der Oberfläche weit weniger, als das Land, weil einerseits die specifische Wärme des letzteren weit geringer ist, als die des Wassers, und andererseits die Sonnenstrahlen, welche schon von einer sehr dünnen Erdschicht vollständig absorbirt werden, sehr tief in das Wasser eindringen; im Meere verlieren sie erst in der Tiefe von mehreren hundert Metern ihre wärmende Kraft, so daß die absorbirte Wärme, statt sich an der Oberfläche zu concentriren, wie es auf dem Lande geschieht, sich in einer großen Wassermasse verbreitet und daher für den einzelnen Punkt um so geringer sein muß, je beträchtlicher diese Masse ist. Die Verdunstung des Wassers, welche, wie wir sahen, so beträchtliche Abkühlung schafft, wirkt um so kräftiger, in je größerem Maßstabe sie vor sich geht. Wo daher die Anwesenheit größerer Wassermassen zu allen Zeiten eine Verdunstung möglich macht, da existirt eine Ursache für die Abkühlung, wie man im Binnenlande keine ähnliche findet.

Diese drei Ursachen (specifische Wärme, Durchstrahlbarkeit und Verdunstung) bewirken, daß das Meer und die Luft über ihm im Sommer kühler sein müssen, als die unter gleicher geographischer Breite liegenden Landmassen. Es leuchtet ein, daß im Winter das umgekehrte Verhältniß stattfinden muß. Wir sagten schon oben, daß die Theilchen der Oberfläche, welche sich durch die Berührung mit der kalten Luft abgekühlt haben, wegen ihrer zunehmenden Dichtigkeit nach unten sinken, während leichtere und wärmere Theile nach oben steigen; es folgt hieraus, daß im Winter die Meeresoberfläche wärmer sein muß, als das Land, da hier die erkalteten Theile nicht in den Boden versinken können.

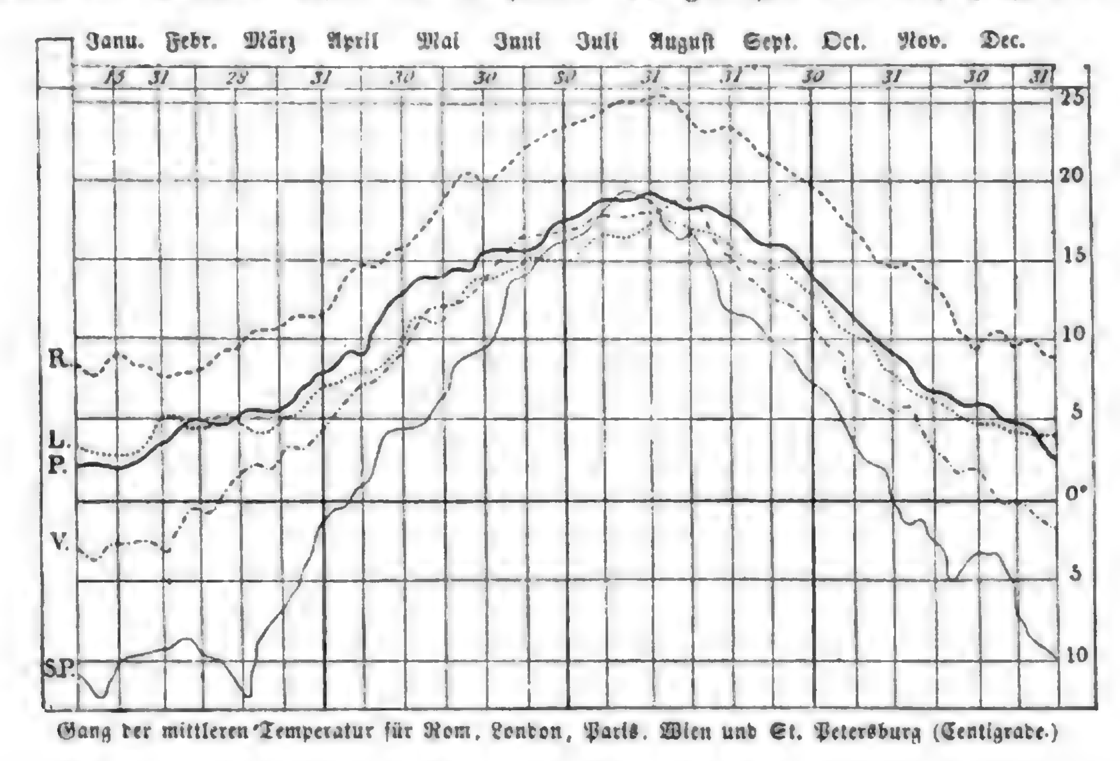
Diese Resultate, welche sich aus einer theoretischen Betrachtung über die Wirkung der Sonnenstrahlen auf Land und Meer ergeben, werden durch die Erfahrung vollständig bestätigt. Während zu Bordeaux die Mitteltemperatur des Winters 4,8° beträgt, erkaltet der atlantische Ocean in derselben Breite niemals unter 8,5°. Unter dem 50. Breitengrade ist der Ocean stets über 7° warm. Aus allen gesammelten Beobachtungen folgt, daß eine kleine mitten im Meere gelegene Insel eine höhere Mitteltemperatur besitzen muß, als ein unter gleicher Breite gelegener Ort des Binnenlandes, und daß ihr Winter wärmer, ihr Sommer kühler sein muß. Diese Temperaturverhältnisse sind namentlich für Madeira direct nachgewiesen.

Das Meer wirkt mithin mildernd ein. Daher rührt der große Gegensatz zwischen dem Clima der Inseln oder der Küsten namentlich eines stark gegliederten, an Halbinseln und Meerbusen reichen Landes, und dem Clima eines großen, massigen Continents. So haben im Innern Asiens Tobolsk, Barnaul und Irkutsk dieselbe Sommerwärme, wie Berlin, Münster und Cherbourg; aber auf diesen Sommer folgt ein Winter, dessen Mitteltemperatur — 16° beträgt. In den Sommermonaten hält sich das Thermometer wochenlang auf 22—24 Grad. Buffon nannte mit vollem Rechte das Continentalclima excessiv, und die Bewohner solcher Gegenden mit excessivem Clima scheinen wie die Seelen in Dantes Fegefeuer verdammt zu sein a sofferir tormenti caldi e geli.

Das Clima Irlands, der Inseln Jersey und Guernsey, der Halbinsel Bretagne, der normannischen und südenglischen Küsten, wo der Winter milde, der Sommer frisch und nebelig ist, steht in grellem Gegensatz zu dem Continentalclima des östlichen Europa. Im nördlichen Irland, welches mit Königsberg dieselbe geographische Breite von 54°56′ hat, gedeiht die Myrthe im Freien gerade so gut, wie in Portugal. In Ungarn ist die Mitteltemperatur des August 16°, in Dublin, welches mit jenem Lande gleiche Mitteltemperatur hat, nur 12½°. Dagegen ist in Ofen die mittlere Temperatur des Winters 2°, in Dublin 3½°. An diesem letzteren Orte, wo die Mitteltemperatur 8° beträgt, ist der Winter milder, als in Mailand, Padua und der ganzen Lombardei, obschon hier die mittlere Ortstemperatur 10° ist. Auf den Orkney-Inseln, die weniger südlich als Stockholm liegen, ist der Winter wärmer, als in London und Paris. Auf den Faröer-Inseln, die unter dem 62. Breitengrade liegen, gefrieren die Binnengewässer niemals, Dank dem mildernden Einfluß des Südwestwindes und des Meeres. Auf den herrlichen Küsten Devonshires, wo ein Hafen (Salcombe) wegen seines milden Climas das Montpellier des Nordens genannt wird, kommt die mexikanische Agave im Freien zur Blüthe, die Orangenbäume tragen Früchte und brauchen im Winter nur durch Matten geschützt zu werden. Hier wie in Cherbourg und der ganzen normannischen Küste ist die Mitteltemperatur des

Winters $4^1/_2$ Grad und daher nur um einen Grad niedriger, als in Montpellier und Florenz.

In London ist die mittlere Jahreswärme nach fünfzigjährigen Beobachtungen 7,5°, bei einer Sommertemperatur von 12,7 und einer Wintertemperatur von 2,8°. Mithin ist in London der Winter wärmer und der Sommer kühler, als in Paris. Cherbourg, welches um einen Grad nördlicher liegt als Paris, hat dennoch eine höhere Mitteltemperatur. Dieselbe beträgt für Cherbourg 9°, für Paris nur 8,5°. Der Unterschied ist noch größer zwischen den Wintertemperaturen beider Städte; dieselben sind 5,2 und 2,5°. Dagegen ist an allen diesen Küsten der Sommer kühler als in Paris. Es gedeihen dort noch Feigen, Lor-



Gang der mittleren Temperatur für Rom, London, Paris, Wien und St. Petersburg (Centigrade.)

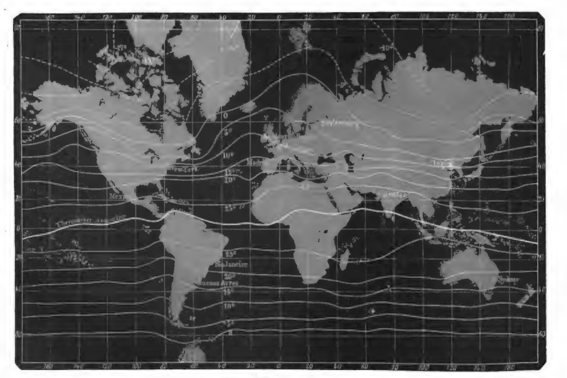
beeren und Myrthen, welche in der Umgegend von Paris zu Grunde gehen würden. Der ungeheure Feigenbaum zu Roscoff in der Bretagne kann mit den Bäumen Smyrnas rivalisiren.

Diese vergleichende Zusammenstellung zeigt zur Genüge, wie dieselbe Mitteltemperatur sich in sehr verschiedener Weise auf die einzelnen Jahreszeiten vertheilen und wie diese verschiedene Vertheilung der Wärme die Vegetation, das Reifen der Früchte, den Ackerbau und also auch das materielle Wohlbefinden des Menschen beeinflussen kann.

Dieselben climatischen Gegensätze, welche sich zwischen der Bretagne und dem übrigen Frankreich geltend machen, wiederholen sich in gewissem Grade zwischen Europa und dem asiatischen Continente, für welchen Europa eine westliche Halb-

insel bildet. Europa verdankt sein mildes Clima seiner reich gegliederten Küstengestaltung, dem Ocean, der die Westküste der alten Welt bespült, dem eisfreien Meer, welches es von den Polargegenden trennt, und vor Allem dem Dasein und der geographischen Lage des afrikanischen Festlandes, dessen tropische Gegenden mächtig erhitzt werden und über dem ein ungeheurer Strom warmer Luft aufsteigt, während sich südlich von Asien nur Meer befindet. Europa würde kälter werden, wenn Afrika vom Meere überfluthet würde, oder wenn die fabelhafte Atlantis aus dem Ocean auftauchte und Amerika mit Europa verbände, oder wenn die Gewässer des Golfstroms sich nicht in das nördliche Meer ergössen, oder endlich wenn ein neues, durch vulkanische Kräfte gehobenes Land sich zwischen Norwegen und Spitzbergen lagerte. Geht man von Westen nach Osten auf demselben Breitenkreise durch Frankreich, Deutschland, Polen und Rußland bis zu der Kette des Ural, so nimmt die mittlere Jahrestemperatur fortwährend ab; in demselben Grade wird die Gestalt des Continents immer compacter, die Breite von Meer zu Meer größer, der Einfluß des Meeres daher geringer und die Wirkung des Südwestes schwächer; alle diese Ursachen müssen ein Sinken der Temperatur bewirken.

Unter dem Aequator ist die Mitteltemperatur 22°. In Folge der eben betrachteten Ursachen und des Fehlens der Vegetation ist die Mitteltemperatur des inneren Afrika noch höher und beträgt 24 Grad; es giebt dort Orte, wo das fast gänzliche Fehlen der Wolken und die heißen Winde die Hitze bis auf eine unerträgliche Höhe treiben. So steigt im Innern Abessyniens das Thermometer im Schatten häufig auf 38 und 40 Grad, während der Boden noch weit heißer ist. Am Nachmittage gleichen manche abessynische Thäler wahren Oefen; es wurde schon erwähnt, daß Abbadie und Ferret die Temperatur des Bodens zu 56 und 60° fanden. Die Atmosphäre ruht unbewegt über dem glühenden Boden, kein erfrischender Hauch dringt in diese irdische Hölle ein. Die Luft in diesen Thälern ist oft im höchsten Grade verdorben und wirkt vor und nach der Regenzeit bei längerem Verweilen geradezu tödtlich. Man kann dann nur des Nachts reisen. „Wenn man diese Einöden durchzieht, sagt Abbadie, so wird man oft von dem Karif belästigt, einer Trombe aus glühend heißem Sande, welche plötzlich am Horizonte auftaucht und bei ihrem Herannahen zu wachsen scheint. Der Wind, welcher sie vor sich hertreibt, heult wie ein Orkan; Menschen und Thiere sind gezwungen, ihm den Rücken zuzuwenden und werden von einer trockenen und dunklen Wolke, wie von einem Trauermantel umhüllt. Glücklicherweise hält dieser heiße Sandsturm nur wenige Minuten an, und nach der vorübergehenden Dunkelheit freut man sich, die intensive aber ruhige Hitze, welche in diesen Gegenden herrscht, wiederzufinden." Bisweilen wird man auch von dem Samum überrascht, jenem glühend heißen Winde, der ohne Vorzeichen plötzlich losbricht. Die Kameele




Die Isothermen.

Google

drücken alsdann ihren Kopf gegen den Boden, um an der Erde, obschon sie glühend heiß ist, noch etwas Kühlung zu finden. Auch die kräftigsten Eingeborenen können nicht widerstehen und müssen sich niederlegen. Die Kräfte schwinden so plötzlich und so vollständig, daß Abbadie mitten in diesem verderblichen Winde nicht im Stande war, ein kleines Thermometer neben sich zu erheben, um die Temperatur dieses merkwürdigen Windes zu bestimmen. Der glühende Wind hielt ungefähr fünf Minuten lang an; die Menschen würden umkommen, wenn er eine Viertelstunde lang wehte. Trifft man in diesen Gegenden einen seichten Bach, so sieht man ihn schon in geringer Entfernung im Sande verschwinden; übrigens sind solche kleine Oasen, die nur aus wenigen von Kräutern umgebenen Bäumen bestehen, selten in dieser Einöde.

Wie man sieht, beeinflussen verschiedene Ursachen die climatischen Verhältnisse der einzelnen Länder, und man würde einen großen Irrthum begehen, wenn man nur nach der Entfernung vom Aequator die Abnahme der Temperatur bestimmen wollte. Um ein getreues Bild von der Vertheilung der Wärme über die Erdoberfläche zu erhalten, schlug Humboldt vor, auf einer Weltkarte alle die Punkte zu verzeichnen, wo zuverlässige Thermometerbeobachtungen angestellt sind, dort die Temperaturen anzugeben, und alle die Orte, welche dieselbe Mitteltemperatur besitzen, durch eine Linie zu verbinden. Er gab diesen Linien den Namen Isothermen. In den 50 Jahren, welche seit Aufstellung dieser sinnreichen Methode verflossen sind, hat man die Beobachtungen sehr vervielfacht und die Karten vervollständigt. Die beistehende Karte giebt diese interessanten Linien, wie wir sie jetzt kennen; ein genaues Betrachten einer solchen Karte giebt einen bessern Begriff von der Vertheilung der Wärme, als jede noch so eingehende Beschreibung. Zu bemerken ist, daß auf der Karte die Grade nach dem hundertheiligen Thermometer angegeben sind und daß daher 25, 20, 15, 10, 5 der Reihe nach den Réaumur'schen Graden 20, 16, 12, 8, 4 entsprechen.

Wir sehen, daß diese Linien gleicher Temperatur sich im Innern der Continente senken, an den Küsten dagegen heben und zwar mehr an den westlichen, als an den östlichen Küsten. Namentlich ist die Westküste Europas bevorzugt, wo die Isothermen sich mehr heben, als an der Westküste Amerikas. Verfolgen wir beispielsweise die Isotherme von 10° C., so sehen wir, daß sie westlich von New York den 40. Breitengrad berührt; sie hebt sich nun, erreicht westlich von Irland den 55. Breitengrad und durchschneidet nun Irland und England, so daß Dublin und London dieselbe Mitteltemperatur haben wie New York, obschon sie weit nördlicher liegen. In ihrem ferneren Verlaufe senkt sich die Linie, durchschneidet Deutschland, geht über Wien, Astrachan und Peking, und sinkt selbst unter den 40. Breitengrad. Die Linie, welche die heißesten Orte mit einander verbindet, der sogenannte thermische Aequator, liegt fast ganz auf der nördlichen

Halbkugel; die Temperatur ist gegen 24° R. In den Polargegenden hat man den Lauf der Isothermen noch nicht genau feststellen können, da aus diesen unwirthbaren Gegenden noch zu wenige Beobachtungen vorliegen.

Humboldt bemerkt, daß trotz dieser großen Differenzen die Mitteltemperatur bei der um einen Grad wachsenden geographischen Breite fast überall ziemlich um $^2/_5$° R. abnimmt. Da andererseits die Wärme um einen Grad sinkt bei einer Erhebung von etwa 700 Fuß, so folgt, daß eine Erhebung von 280 Fuß über den Meeresspiegel die mittlere Jahrestemperatur ebenso erniedrigen muß, wie das Hinaufrücken um einen Breitengrad nach Norden. Das in 7500 Fuß Meereshöhe unter 45° 50′ gelegene Kloster auf dem St. Bernhard hat dieselbe Mitteltemperatur wie ein um 30 Breitengrade weiter nördlich liegender Ort. Humboldt giebt bei Besprechung der Vertheilung der Wärme die Ursachen, welche zur Erhöhung und Erniedrigung der Mitteltemperatur eines Ortes beitragen, folgendermaßen an: „Zu der ersten Classe gehören: die Nähe einer Westküste in der gemäßigten Zone; die in Halbinseln zerschnittene Gestaltung eines Continents; seine tief eintretenden Busen und Binnenmeere; die Orientirung d. h. das Stellungsverhältniß eines Theiles der Feste entweder zu einem eisfreien Meere, das sich über den Polarkreis hinaus erstreckt, oder zu einer Masse continentalen Landes von beträchtlicher Ausdehnung, welches zwischen denselben Meridianen unter dem Aequator oder wenigstens in einem Theil der tropischen Zone liegt; ferner das Vorherrschen von Süd- und Westwinden an der westlichen Grenze eines Continents in der gemäßigten nördlichen Zone; Gebirgsketten, die gegen Winde aus kälteren Gegenden als Schutzmauern dienen; die Seltenheit von Sümpfen, die im Frühjahr und Anfang des Sommers lange mit Eis bedeckt bleiben, und der Mangel an Wäldern in einem trockenen Sandboden; endlich die stete Heiterkeit des Himmels in den Sommermonaten und die Nähe eines pelagischen Stromes, wenn er Wasser von einer höheren Temperatur als das umliegende Meer besitzt, herbeiführt."

Als Ursachen, die im entgegengesetzten Sinne wirken und also die mittlere Jahrestemperatur erniedrigen, führt Humboldt an: „die Höhe eines Orts über dem Meeresspiegel, ohne daß bedeutende Hochebenen auftreten; die Nähe einer Ostküste in hohen und mittleren Breiten; die massenartige Gestaltung eines Continents ohne Küstenkrümmung und Busen; die weite Ausdehnung der Feste nach den Polen hin bis zu der Region des ewigen Eises, ohne daß ein im Winter offen bleibendes Meer dazwischen liegt; eine Position geographischer Länge, in welcher der Aequator und die Tropenregion dem Meere angehören, d. i. der Mangel eines festen, sich stark erwärmenden, wärmestrahlenden Tropenlandes zwischen denselben Meridianen als die Gegend, deren Clima ergründet werden soll; Gebirgsketten, deren mauerartige Form und Richtung den Zutritt warmer Winde verhindert, oder die Nähe isolirter Gipfel, welche längs ihren Abhängen herabsinkende

kalte Luftströme verursachen; ausgedehnte Wälder, welche die Insolation des Bodens hindern, durch Lebensthätigkeit der Blätter große Verdunstung wässeriger Flüssigkeit hervorbringen, mittelst der Ausdehnung dieser Organe die durch Ausstrahlung sich abkühlende Oberfläche vergrößern, und also dreifach, durch Schattenkühle, Verdunstung und Strahlung, wirken; häufiges Vorkommen von Sümpfen, welche im Norden bis in die Mitte des Sommers eine Art unterirdischer Gletscher in der Ebene bilden; einen nebligen Sommerhimmel, der die Wirkung der Sonnenstrahlen auf ihrem Wege schwächt; endlich einen sehr heiteren Winterhimmel, durch welchen die Wärmestrahlung begünstigt wird."

Bei der Besprechung der allgemeinen Bedingungen, welche für die climatischen Verhältnisse im Großen in Betracht kommen, müssen wir auch den Einfluß erwähnen, den locale Umstände auf die beobachtete Temperatur ausüben können. Es ist viel schwerer, als man gewöhnlich meint, die Temperatur eines Ortes, namentlich eines bewohnten Ortes, genau festzustellen; denn 10 Thermometer, die alle ganz richtig construirt sind, geben in zehn verschiedenen Straßen einer Stadt nicht genau dieselbe Temperatur an. Den schlimmsten Einfluß übt die Ausstrahlung bewohnter Gebäude aus und das Zusammendrängen der Häusermassen, wodurch die Circulation der Luft beeinträchtigt wird, und bewirkt, daß die großen Städte stets erheblich wärmer sind, als das benachbarte Land. Nach Howards Untersuchungen übertrifft die Mitteltemperatur Londons die seiner Umgebung fast um einen Grad. Die Thermometer der pariser Sternwarte zeigen weniger hoch, als die im Innern der Stadt, und höher, als die auf dem neuen Observatorium zu Montsouris angebrachten Instrumente. Auf freiem Felde wird der Stand des Thermometers durch die Nähe von Wäldern beeinflußt, innerhalb derer die Temperatur stets niedriger ist, als außerhalb, sowohl wenn man die mittlere Wärme des Tages als auch die des Jahres betrachtet. Auch die Maxima und Minima fallen in den Wäldern und selbst unter einem einzelnen Baume nicht auf dieselben Stunden, wie außerhalb des Waldes; zwischen den Blättern verändert sich die Temperatur fast ebenso, wie an der Luft, zwischen den Zweigen treten die Aenderungen später ein, noch später in der Nähe des Stammes, wo sie sich sehr verzögern. Hierbei ist von der Eigenwärme der Bäume abgesehen, die von den verschiedenen chemischen Vorgängen in den Geweben herstammt, und von der Wärme, welche sie aus den von der Wurzel aufgesogenen Flüssigkeiten entlehnen, zumal diese Wärme geringe ist im Vergleich mit der Wirkung der Ein- und Ausstrahlung. Diese Eigenwärme der Bäume spielt im Winter eine wichtige Rolle, indem sie ein zu tiefes Sinken der Temperatur, welches verderblich werden könnte, hindert. Waldreichthum und Feuchtigkeit rufen ein Sinken der Temperatur hervor, während Entwaldung und Trockenheit im entgegengesetzten Sinne wirken; der Unterschied kann für die Mitteltemperatur bis $1^1/_2{}^0$ betragen.

Nachdem wir ein Gesammtbild der climatischen Verhältnisse gegeben haben, wollen wir uns, bevor wir zu einer kurzen Betrachtung der Polargegenden übergehen, die äußersten auf der Erde beobachteten Temperaturen und ihre Unterschiede vergegenwärtigen. An keinem Orte der Erde zeigt ein 8—10 Fuß über dem Boden angebrachtes Thermometer höher als 46°. Auf der offenen See übersteigt die Temperatur der Luft niemals 24°. Die niedrigste jemals beobachtete Lufttemperatur ist — 46,5°, so daß der Unterschied zwischen der höchsten und niedrigsten jemals beobachteten Temperatur der Luft 92° übersteigt. Die beifolgende Tabelle enthält eine Uebersicht über die höchsten, niedrigsten und mittleren Temperaturen für verschiedene Orte, welche nach abnehmender Breite geordnet sind.

| Ort | geogr. Breite | | höchste beobachtete Temperatur | niedrigste beobachtete Temperatur | mittlere Temperatur |
|---|---|---|---|---|---|
| Insel Melville | 74° | 47' N. | 12,5° | — 30,6° | — 13,67° |
| Boothia Felix | 69 | 59 | 16,8 | — 40,6 | — 12,58 |
| Reykiavik | 64 | 8 | 16,4 | — 16 | 3,3 |
| Drontheim | 63 | 26 | 23 | — 19 | 3,69 |
| Jakutsk | 62 | 2 | 24 | — 46,4 | — 8,25 |
| Petersburg | 59 | 56 | 24,9 | — 31 | 3,38 |
| Stockholm | 59 | 20 | 30 | — 27 | 4,52 |
| Kasan | 55 | 48 | 28,8 | — 32 | 1,53 |
| Moskau | 55 | 45 | 27,6 | — 34,9 | 3,57 |
| Hamburg | 53 | 33 | 28 | — 24 | 7,13 |
| Berlin | 52 | 31 | 31,4 | — 23 | 7,18 |
| London | 51 | 31 | 28 | — 12 | 8,28 |
| Dresden | 51 | 4 | 31 | — 25,7 | 7,60 |
| Brüssel | 50 | 51 | 28 | — 16,8 | 8,30 |
| Lüttich | 50 | 39 | 30 | — 19,5 | 9,19 |
| Paris | 48 | 50 | 32 | — 18,8 | 8,58 |
| Straßburg | 48 | 35 | 28,7 | — 21 | 7,86 |
| München (1573') | 48 | 8 | 28 | — 23 | 7,28 |
| Basel | 47 | 33 | 27,2 | — 30 | 7,69 |
| Ofen | 47 | 29 | 28,8 | — 18 | 6,88 |
| Quebec | 46 | 49 | 30 | — 32 | 4,38 |
| Lausanne (1530') | 46 | 31 | 28 | — 16 | 7,54 |
| Genf (1250') | 46 | 12 | 28,9 | — 20,2 | 8,20 |
| St. Bernhard (7670') | 45 | 50 | 17,7 | — 24,1 | — 0,81 |
| Turin | 45 | 4 | 30 | — 14,2 | 9,39 |
| Montpellier | 43 | 37 | 30,8 | — 14,4 | 12,23 |
| Marseille | 43 | 18 | 29,5 | — 14 | 11,34 |
| Perpignan | 42 | 42 | 30,8 | — 7,5 | 12,33 |
| Rom | 41 | 54 | 28,8 | — 5,5 | 12,66 |
| Neapel | 40 | 51 | 32 | — 4 | 12,25 |

| Ort | geogr. Breite | höchste beobachtete Temperatur | niedrigste beobachtete Temperatur | mittlere Temperatur |
|---|---|---|---|---|
| Peking | 39° 54 | 34,5° | — 12,5° | 10,13° |
| Lissabon | 38 42 | 31 | — 2,1 | 13,07 |
| Palermo | 38 7 | 31,7 | 0 | 15,6 |
| Algier | 36 5 | 30 | — 2 | 14,34 |
| Havanna | 23 9 | 25,8 | + 5,8 | 20,07 |
| Maracaybo (thermischer Aequator) | 10 43 | — | — | 23,45 |
| Pulo Pinang | 5 25 | 25,7 | + 19,5 | 22,2 |
| Quito (8970′) | 0° 14′ S. | 17,6 | + 4,8 | 12,49 |

Im Allgemeinen nimmt der Unterschied zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur ab, je mehr man sich vom Pol entfernt und dem Aequator nähert; die Abweichungen von dieser Regel werden durch die Krümmungen der Isothermen bewirkt.

Die Temperatur der festen Körper kann einen weit höhern Grad erreichen. Der Sand an den Ufern des Meeres und der Flüsse ist im Sommer oft 50—55 Grad warm. In Paris beobachtete Arago an einem horizontal liegenden Thermometer, dessen Kugel mit einer nur ein Millimeter dicken Schicht sehr feiner Pflanzenerde bedeckt war, 43,2°. Als das Instrument mit einer 2 Millimeter dicken Schicht von Flußsand bedeckt wurde, zeigte es 36,8°; die höchste in diesem Monate beobachtete Lufttemperatur war 28,9°. Am 8. Juli 1793 stieg ein den directen Sonnenstrahlen ausgesetztes Thermometer auf 50,5°. Humboldt fand in den Llanos von Venezuela den Sand um 2 Uhr Nachmittags 44 und selbst 48 Grad warm, während die Lufttemperatur nur 28,9° betrug. In der Nacht sank die Wärme des Sandes auf 22,4, d. h. um mehr als 20 Grad. Am 28. August 1871 stieg in Paris ein Thermometer mit Metallfassung, welches auf ein von der Sonne bestrahltes Zinkdach gelegt worden war, auf 56°; die Luft war nur 18° warm.

Betrachten wir jetzt die Gegenden, in denen die ungünstigsten climatischen Verhältnisse herrschen, die unter Schnee und Eis begrabenen Polarländer. Jenseits des Polarkreises bildet sich Eis auf dem Meere und verleiht dem letzteren ein eigenthümliches Aussehen. Diese Erscheinung tritt, wie es scheint, um so leichter ein, je mehr der Salzgehalt des Wassers abnimmt und die Rotationsgeschwindigkeit geringer wird. Schon unter dem 50. Breitengrade begegnet man großen Eisschollen, die sich in nördlicher gelegenen Gegenden von Eisfeldern abgelöst haben und durch südlich gerichtete Meeresströmungen fortgeführt worden sind. Unter dem 55. Breitengrade gefriert das Meer nicht selten an den Küsten; unter dem 60. gefrieren Golfe und Binnenmeere über ihre ganze Oberfläche. Bei 70 Grad werden die treibenden Schollen sehr zahlreich und sehr groß und bilden

bisweilen wahre Inseln, die wohl eine halbe Stunde breit sind. Unter dem 80. Breitengrade endlich trifft man gewöhnlich zusammenhängende Eismassen, die gegen einander getrieben worden und zusammengefroren sind.

Trotz der überall herrschenden Oede bieten diese Gegenden einen herrlichen Anblick dar. Das Polareis glänzt in den lebhaftesten Farben und man möchte glauben, Blöcke von Edelsteinen vor sich zu haben, da man den Glanz des Diamanten und die glühenden Farben des Saphirs und des Smaragds erblickt. Diese Eismassen bilden bald weit ausgedehnte Felder, bald hoch aufgethürmte Berge. Die Eisfelder nehmen oft einen ungeheuren Raum ein und sind bisweilen ganz eben, ohne Spalten, Höhlungen oder Unebenheiten. Scoresby traf ein schwimmendes Eisfeld, auf welchem ein Wagen in gerader Linie 18 Meilen weit hätte fahren können, ohne dem geringsten Hinderniß zu begegnen. Cook fand ein anderes schmales Eisfeld, welches vom nördlichen Asien bis nach Amerika hinüber reichte.

Die Eisberge, die fortwährend vom Meere unterwühlt werden, ändern beständig ihr Aussehen. Sie stoßen gegeneinander, zerbrechen oder frieren zusammen. Gewöhnlich haben sie eine viereckige Oberfläche und fallen schnurgerade zum Meere hin ab. Aus der Ferne gleichen sie gigantischen weißen Ausschnitten in dem blauen Himmel; in der Nähe gesehen zeigen sie eine gleichförmige oder mit Spitzen besetzte Oberfläche. Diese Zacken gleichen Pyramiden aus Glas oder Diamant, schlanken Säulen, spitzigen Nadeln, bisweilen großartigen Bauwerken mit Bogengängen, spitzigen Giebeln und gerundeten Kuppeln. Bald aber spalten sich diese Pyramiden und stürzen zusammen, eine Säule senkt sich und rundet sich, die Nadel wird zur Treppe, der Eispalast nimmt die Gestalt eines riesigen Pilzes an. Bei diesem imposanten Schauspiele wetteifert die Unbeständigkeit der Formen mit der Mannigfaltigkeit, die Größe der Blöcke mit ihrer sonderbaren Gestalt.

Der erste Anblick eines Eisberges macht auf den Schiffer stets einen eigenthümlichen, aufregenden Eindruck. Der Doctor Hayes schildert denselben folgendermaßen. „Wir begegneten dem ersten Eisberge am Tage bevor wir den Polarkreis passirten. Als der Mann im Mastkorbe das gewaltige Branden der See an der noch von Nebel verhüllten Eismasse hörte, rief er „Land!“ Bald aber tauchte der gewaltige Koloß aus dem Nebel hervor; furchtbar und drohend trieb er gerade auf uns los, so daß wir uns beeilten, ihm freie Bahn zu machen. Er bildete eine unregelmäßige Pyramide von ungefähr 300 Fuß Breite und 150 Fuß Höhe. Der Gipfel war anfangs noch im Nebel verborgen; bald aber zerriß dieser mit einem Male und entschleierte den funkelnden Berg, um welchen leichte Dunststreifen sich in unregelmäßigen Windungen schlangen. Es lag etwas eigenthümlich Befremdendes in der vollständigen Gleichgültigkeit dieses Riesen; vergeblich verschwendeten die Wogen an ihn ihre tollsten Liebkosungen, kalt und taub

glitt er dahin, ungerührt durch ihr beharrliches Klagen. Der Mehrzahl unter uns war Grönland nur aus Erzählungen bekannt; jetzt fuhren wir schon seit einigen Tagen an seiner Küste hin, doch hatten Wolken und Nebel das Land noch immer unseren Blicken entzogen. Heute aber warf es seinen Wolkenmantel ab und erhob sich vor uns in seiner strengen Großartigkeit. Die weiten Thäler, die tiefen Schluchten, die mächtigen Gebirge, die zerklüfteten dunklen Felsklippen verriethen uns die schreckliche Einöde des Landes. In dem Maße als der Nebel sich hob und seine grauen Schleier über die blaue Wasserfläche hinglitten, tauchten die Eisberge hervor und zogen an uns vorüber gleich phantastischen Schlössern aus einem Märchen. Wir vergaßen, daß wir aus eigenem Antrieb diese Gegenden aufgesucht hatten und glaubten, durch eine unsichtbare Hand in eine Zauberwelt versetzt zu sein. Die Elfen des Nordens hatten in einer Anwandlung fröhlicher Laune ihre Schleier abgeworfen und schienen uns zu den ewigen Wohnungen der Götter führen zu wollen. Hier war Walhalla, der Sitz der einherischen Helden, die Burg Freyers, des Sonnengottes, Alfheim, die Wohnung der Elfen, Glitner, mit goldenen Mauern und silbernen Dächern, und Gimle, der Wohnort der Seligen, leuchtender als die Sonne, und dort in weiter Ferne ragt bis zu den Wolken Himinborg empor, der himmlische Berg, von dem die Brücke für die Götter sich bis zum Firmament erhebt. Es läßt sich kaum eine Scenerie denken, die einen feierlicheren Eindruck machen könnte, und unmöglich läßt sich der Anblick beschreiben, den der plötzliche Wechsel dieser Erscheinungen darbot."

Die Eismassen, denen man an den Küsten Spitzbergens und Grönlands begegnet, sind meistens 20—25 Fuß dick; sie bilden oft ungeheure Ebenen, deren Grenzen man nur von den Spitzen der Masten aus erblickt; dies sind die eigentlichen Eisfelder, die oft ein- bis zweihundert Quadratmeilen Oberfläche haben. Bisweilen ist das Eisfeld vollkommen eben, oft uneben und höckerig; hin und wieder erheben sich auf demselben 20—30 Fuß hohe Säulen, die einen höchst malerischen Anblick gewähren; bald haben sie die schönen blauen und grünen Farben des Saphirs und Smaragds, bald sind sie mit Schnee umhüllt und zeigen an der Spitze und an den Seiten die mannigfachsten Formen. Durch die Wellenbewegung, vielleicht auch durch andere Ursachen zerbersten diese Eisfelder oft plötzlich und zerfallen in Stücke von 1000—2000 Quadratfuß Oberfläche. Diese Trümmer stoßen gegeneinander und zerreiben sich. Bisweilen werden sie durch eine schnelle Strömung fortgeführt, und wenn sie einem entgegengesetzten Strome begegnen, welcher die Trümmer eines anderen Eisfeldes mit sich führt, so stoßen die Eismassen mit furchtbarem Krachen aufeinander. Durch die Wogen gehoben fallen die Blöcke übereinander und thürmen sich zu wahren Eisbergen auf, die 30—40 Fuß aus dem Meere hervorragen. Da die Dicke des aus dem Wasser heraustauchenden Theils nur ein Viertel des untergetauchten Theils beträgt, so

besitzen diese Eisberge eine Dicke von 150—200 Fuß. Bisweilen versinken Schollen, die über 100 Fuß lang sind, wenn sie an ihren Enden belastet waren, und zwar so tief, daß das Schiff über sie hinwegfahren kann; allein die Mannschaft ist alsdann der ärgsten Gefahr ausgesetzt. Die geringste Erschütterung kann das Gleichgewicht der Massen, welche die Scholle hinabdrücken, stören; die letztere würde alsdann mit Gewalt nach oben steigen und das Schiff in die Luft schleudern oder jedenfalls zum Kentern bringen.

In der Baffinsbai trifft man weit höhere Eisberge, als an den grönländischen Küsten; man hat einige gemessen, deren Höhe oberhalb des Meeres 120 Fuß betrug, was einer Gesammthöhe von 600 Fuß entspricht. Man vermuthet, daß diese gewaltigen Eismassen sich an den Küsten bilden und dort die nach dem Meere sich öffnenden Thäler verschließen, und daß sie sich hier ablösen. Zur Sommerszeit strömt das Schmelzwasser von ihrem Gipfel herab und stürzt als Wasserfall ins Meer; solche Bäche gefrieren bisweilen und verleihen nun dem Eisberge ein majestätisches Ansehen, das der Schiffer aber nur aus respectvoller Ferne betrachtet, denn die gigantischen Säulen und Bogen, welche frei in der Luft hängen, zerbrechen in einem Augenblick mit furchtbarem Getöse und stürzen in das Meer.

Scoresby hat oft genug auf offener See mehr als 10 Meilen von der Küste entfernt sich Eis bilden sehen. Sowie die ersten kleinen Eiskrystalle erschienen, wurde das Meer ruhig, als würde es mit einer Oelschicht bedeckt. Die Krystalle erreichen bald eine Größe von 3—4 Zoll, und wenn die Kälte anhält, so frieren sie zusammen und bilden Eisschollen, die sehr bald 9—10 Zoll dick werden.

Diese traurigen Gegenden, denen wochenlang keine Sonne scheint, und wo das Quecksilber gefriert, sind trotz alledem noch von Menschen bewohnt. Die Eskimostämme dringen bis zu dem 79. Breitengrade vor. Der Doctor Kane besuchte im Jahre 1853 zwei ihrer Dörfer an der grönländischen Seite des Smith-Sundes, welche nur 11 Grade vom Pol entfernt waren. Die Hütten waren in Kuppelform aus Schneeblöcken gebaut; als Thür diente eine sehr niedrige kreisförmige Oeffnung. Das Licht dringt in diese sonderbaren Wohnungen durch ein Fenster, welches aus einer dicken Platte klaren Eises besteht.

Schließen wir diesen allgemeinen Ueberblick über die climatischen Verhältnisse mit der Bemerkung, daß die letzte noch mit einiger Sicherheit bestimmte Isotherme, wo die Mitteltemperatur —12 Grad beträgt, sich bis in das nördliche Amerika hinabsenkt, nördlich bei der Baffinsbai vorübergeht, den 80. Breitengrad durchschneidet und sich wieder bis zum 70., ja bis zum 65. Grade senkt. Sie bildet zwei große Einbiegungen, innerhalb derer man eine starke Zunahme der Kälte wahrgenommen hat. Der Pol ist nicht der kälteste Punkt der Erde, vielmehr findet die größte Kälte an zwei weiter südlich gelegenen Punkten statt, die man die beiden Kälte-

pole nennen könnte. Der eine liegt nördlich von Asien nicht weit von dem Neu-Sibirischen Archipel und scheint eine Mitteltemperatur von —14 Grad zu haben; der andere liegt nördlich von Amerika in den westlichen Inseln des Polarmeeres und hat wahrscheinlich eine Mitteltemperatur von —15 Grad. Im südlichen Polarmeere mögen ähnliche Kältepole existiren. Die älteren Untersuchungen von Plana und Halley sowie die neueren von Lambert und Petermann machen es fast zur Gewißheit, daß am Nordpol weit geringere Kälte herrscht. Aus denselben, wie aus den directen Beobachtungen der Seeleute, die am weitesten gegen den Pol hin vorgedrungen sind, scheint sogar hervorzugehen, daß sich um den Pol herum ein eisfreies Meer ausbreitet.

## Achtes Capitel.

# Die Gebirge.

Wir haben der Reihe nach die Werke studirt, welche die Sonnenstrahlen in der Atmosphäre und auf der Erdoberfläche vollbringen; wir begannen mit den leuchtenden Strahlen und sahen alsdann, wie die wärmenden Strahlen die Jahreszeiten und climatischen Verhältnisse hervorrufen. Vervollständigen wir diese Untersuchung namentlich in Bezug auf das Pflanzenleben durch einen kurzen Blick, den wir auf die Gebirgswelt werfen. Wir sahen schon, daß die Temperatur in dem Grade abnimmt, als man sich über den Meeresspiegel erhebt; die Pflanzen, die gewissermaßen aus den Sonnenstrahlen und den atmosphärischen Gasen gewoben sind, geben uns durch das Vorkommen ihrer Arten in methodischer Weise die Intensität dieser Strahlen an. In Bezug auf die Pflanzengeographie ist es dasselbe, wenn wir einen Berg besteigen, als wenn wir weiter nach Norden reisen; wir können den Erdball mit zwei gewaltigen Bergen vergleichen, die in der Ebene des Aequators zusammengeschweißt sind und für welche die Pole die mit ewigem Eise gekrönten Gipfel bilden.

Der Bewohner des Flachlandes, der sein Leben mitten in der gleichförmigen Ebene mit reichen Wiesen und fruchtbaren Feldern verbringt, dem es nicht vergönnt ist, die hohen schneebedeckten Berge, die zackigen Bergketten mit jäh abstürzenden Gehängen, die zerklüfteten Felsen, wo nur noch einzelne Tannen ein verkümmertes Dasein führen, die Gletscher mit ihren grünlich schillernden Abstürzen, die blauen, lachenden Gebirgsseen zu schauen, vermag sich nicht die Großartigkeit und die Majestät vorzustellen, welche in dem Charakter der Berge liegt, dieser aus den Zuckungen der Erde hervorgegangenen Riesen. Dort oben auf diesen in das Blau des Himmels hineinragenden Gipfeln fühlt sich der Menschengeist hoch erhaben über die kleinlichen Bewegungen, die das Leben auf der Erd-

oberfläche ausmachen. Für den Luftschiffer, der in seinem einsamen Ballon von dem Winde durch die Höhen der Atmosphäre dahingetrieben wird, giebt das sich vor seinen Augen entrollende Bild ein glänzendes Zeugniß von dem Leben, das auf der Erde herrscht, und er empfindet das Gefühl einer unbeschreiblichen Befriedigung, Ruhe und reiner Freude, wenn er hoch über der Menschenwelt und ihren Werken schwebt. Anders ist es auf der Höhe eines Berges; der Eindruck, den wir hier empfangen, ist strenger und gewissermaßen weniger persönlich, denn wir fühlen rund um uns herum die Herrschaft der Naturkräfte, welche den Erdball regieren.

In dem Grade als wir uns erheben und Zonen mit abnehmender Mittelwärme durchschreiten, bemerken wir, daß Bäume und Kräuter sich ändern je nach dem Clima dieser Zonen, und wir vollführen in 8—10 Stunden eine Reise bis zu der Region, wo Eis und Schnee zu jeder Jahreszeit den Boden bedecken, gerade so, als ob wir nach dem Pole zu reisten. Wenn ein Gebirge höher ist als 5500 oder 6000 Fuß, so sehen wir bei der Besteigung, daß die Gewächse in einer ganz bestimmten Reihenfolge einander ablösen, bis jeder Pflanzenwuchs aufhört. Bei einzelnen Bergen, wie beim Rigi, hören die Tannen, welche allein bis zu der Grenze der Vegetation ausdauern, plötzlich auf, indem sie unter der Wirkung des Climas so schnell kleiner werden, daß man dicht oberhalb recht respectabler Bäume nur noch Gestrüpp und Stauden antrifft. Ist man bei anderen Bergen, wie beim St. Gotthard, stundenlang über nackte Felsen geklettert, ist man neben den Abgründen einer wilden, von brausenden Gießbächen durchfurchten Einöde hingewandert, so gelangt man zu grünen, von klaren Quellen getränkten Matten, die sich als üppige Weideplätze auf dem hochgelegenen Plateau ausbreiten. Aber auch hier fehlt jeder Baumwuchs. Die grünen Weideplätze dehnen sich bis zu den dunklen Felsen oder bis zu den glänzenden Schneefeldern aus, ohne daß ein einziger Baum Schatten spendet, ohne daß das Rauschen des Laubes zu träumerischer Ruhe einladet. Auch hier herrscht strenge Größe, wie auf den Alpengipfeln, deren Einöde nur die Gemse betritt.

Was den Menschengeist am meisten in dem Wesen dieser Steinkolosse überrascht, das ist das Werk, welches sie schweigend seit ewiger Zeit vollbringen. Sind diese schneebeladenen, mit dem eisigen Schweißtuche der Wolken umwundenen Häupter in ewigen Schlaf versunken, gleich den in den Pyramiden gebetteten Pharaonen? Was schaffen diese Riesen, die zwischen Himmel und Erde ruhen, diese Kolosse von Granit, zu deren Füßen das Menschengeschlecht wie ein Ameisenschwarm sich umhertreibt? Sie ruhen nicht, sie sind vielmehr in voller rastloser Thätigkeit und nehmen Theil an der ungeheuren Arbeit, die sich in jedem Augenblicke auf der Erde vollzieht. Ihnen, den Königen der Atmosphäre, den Brüdern des Oceans liegt es ob, über die Erde die befruchtende Feuchtigkeit zu vertheilen.

Sie besitzen die strenge Ruhe und die unveränderliche Gestalt des Todes; aber der Tod, der sie umgiebt, ist die Quelle des Lebens, welches sie spenden. Die aus dem Schooße des Meeres aufgestiegenen Wasserdünste verdichten sich zum Schnee auf den Alpenspitzen, welche die Wolken auffangen und als festes Wasser aufspeichern. Die in den schweigenden Höhen entschlafenen Eislager erwachen; eine Quelle sprudelt zu Tage und bahnt sich plätschernd mit Jugendkraft einen Weg abwärts. Sie lockt ihre Schwestern; dünne, silberne Wasserfäden fließen zusammen und strömen vereint nieder zu den grünenden Fluren, die dort unten auftauchen. Von Hang zu Hang springen sie und fallen in sprühenden Cascaden von Fels zu Fels bis herab zu dem Plateau, wo sie zum schäumenden Gießbach werden. Hier sammeln sie sich zum lachenden See, der sich in dem Thalbecken einbettet. Die Wolken ziehen über ihn hin und spiegeln sich in seiner Fläche; Wolken und See, sind sie nicht Zwillinge? tauschen sie nicht wie Castor und Pollux wechselsweise ihre Plätze? Immer weiter abwärts streben die Wasser der Ebene zu und bilden nun die mächtigen Ströme, die eine so große Rolle in dem Leben der Völker spielen.

So vollbringen die Bergkolosse unausgesetzt die ihnen zugewiesene Arbeit und bilden ein Bindeglied zwischen dem Meere und der Atmosphäre. Die Wolken umkränzen ihren Scheitel, Sturm und Gewitter peitschen ihre Flanken, Regengüsse strömen an ihnen herab, die Lawine stürzt donnernd in den Abgrund, der Gletscher schiebt sich langsam zu Thal; die Wasser sammeln sich zum See, aus dem der Fluß die Massen langsam der Ebene und dem Meer entgegen führt; und dieser gewaltige Mechanismus ist unausgesetzt in Thätigkeit, er wirkte schon viele Tausende von Jahren vor dem Ursprung des Menschen und wird in seiner Arbeit durch alle kommenden Generationen fortfahren, und nicht zu wirken aufhören, wenn einstmals unser Geschlecht vom Erdkreis verschwunden sein wird.

Die hochgelegenen Regionen der Atmosphäre, sagt Maury, erregen im höchsten Grade unser Interesse. Wenn wir auch bestrebt sind, durch Schlüsse und Berechnungen ihre Natur zu ergründen und die hier auftretenden Erscheinungen zu enträthseln, so bergen sie doch für uns noch viele Geheimnisse. Wir erklimmen hohe Bergspitzen, erheben uns im Luftballon, richten unsere Fernrohre auf die Himmelskörper und erfinden Hunderte von Instrumenten, um die geringste Wirkung zu erfassen, welche die Naturkräfte in der Atmosphäre vollführen. Müde, immer nur der Spur des Menschen und den Werken seiner Hände zu begegnen, suchen wir die Höhen auf, wohin er noch nicht gedrungen ist, wo die Natur noch ihr jungfräuliches Ansehen aus den geologischen Epochen bewahrt hat, die der unsrigen vorangingen. Auf den hohen Gipfeln weht ein Hauch der Ewigkeit; die Bibel läßt den Moses den Sinai ersteigen, um Zwiesprache mit Jehovah zu pflegen und unmittelbar seine Befehle zu empfangen. Es ist dies ein Bild der Eindrücke,

die unser auf den Gipfeln der Berge harren: wir befinden uns hier im Angesichte der Gottheit!

Wie ganz anders würde sich das Leben auf der Erde gestalten, wenn die Gebirge fehlten, die großen Behälter, aus welchen die Flüsse gespeist werden. Wäre die ganze trockene Oberfläche unseres Planeten völlig eben, so würde die trostloseste Regelmäßigkeit überall herrschen. Die Winde würden von einem Ocean zum andern, ohne einem Hindernisse zu begegnen, rund um den Erdball mit stets gleicher Geschwindigkeit wehen, keine hoch aufstrebende Bergmasse würde sie auffangen und nach den verschiedensten Richtungen ablenken, kein Alpenstock würde die Wolken festhalten und ihre Wasser als Schnee und Eislager aufspeichern; überall würde der Regen fast in derselben Menge fallen, und sein Wasser, das jetzt keine schiefe Ebene nach dem Ocean entführte, müßte sich zu stagnirenden Sümpfen sammeln. Könnten die Menschen überhaupt auf einer solchen Erde existiren, so würden sie, statt in der Gleichförmigkeit der unendlichen Ebene eine Erleichterung des Verkehrs zu finden, in der Nähe ihrer Lagunen in ihrer ursprünglichen Uncultur verharren. Die großen Wanderungen ganzer Völker, die von Hochebenen zur Aufsuchung neuer Wohnsitze herabstiegen, gleich mächtigen Flüssen, die das Meer aufsuchen, hätten niemals stattgefunden; jede Civilisation wäre zur Unmöglichkeit geworden. Vielleicht besaß, wie manche Geologen annehmen, die Erde eine gleichförmige Oberfläche zu jener Zeit, wo der Ichthyosaurus träge in dem schlammigen Wasser schwamm und der Pterodaktylus seine mächtigen Flügel über dem Schilf entfaltete. Zu dieser Zeit war die Erde ein passender Wohnplatz für Amphibien, konnte aber nicht dem Menschen zur Heimath dienen.

Welche geologischen Ursachen nun auch bei der Vertheilung der Gebirge über die Erdoberfläche gewirkt haben mögen, so ist doch die bemerkenswerthe Thatsache unverkennbar, daß die Höhe derselben mit der Annäherung an die heiße Zone zunimmt, als wenn die Rotation des Erdballs hier nicht blos ein allgemeines Anschwellen der ganzen Masse des Planeten, sondern auch Erhebungen in den einzelnen Festländern hervorgerufen hätte. Wir haben früher ein Verzeichniß von den höchsten Bergspitzen, den höchsten bewohnten Orten, sowie von den größten im Luftballon erreichten Höhen gegeben. Wir sahen ferner, in welchem Maße die Temperatur abnimmt, wenn man sich von der Erdoberfläche entfernt; jetzt wollen wir sehen, welche Folgen diese Temperaturabnahme für die Hochgebirge hat, die ihre Häupter hoch hinauf in die Atmosphäre recken bis zu Regionen, wo die stark verdünnte Luft nicht halb so stark drückt, wie an der Erdoberfläche.

Die erste Folge dieses Sinkens der Temperatur zeigt sich darin, daß man beim Besteigen eines hohen Berges die organischen Erzeugnisse verschiedener Länder etagenförmig in verschiedenen Höhen über einander geordnet findet, und daß man nach und nach in ein immer kälteres Clima gelangt. Dies merkwürdige Anein-

andergrenzen der Werke des Sommers und des Winters trägt nicht wenig zu dem Reize einer Alpenlandschaft bei. Von einem der hohen Gipfel in den schweizer Gebirgen überschaut man mit einem Blicke das großartige Panorama der Alpen und kann in diesem Gemälde wie in einem aufgeschlagenen Buche die Gesetze studiren, denen die Vertheilung der unter verschiedenen Breiten lebenden organischen Wesen unterworfen ist. Man erkennt ganz deutlich sechs Zonen, die etagenförmig über einander gelagert sind und deren Grenzen sich durch die Verschiedenheit der Vegetation markiren. Tief unten breitet sich die fruchtbare Ebene aus mit ihren Seen, durchschnitten von Flüssen, Straßen und Wäldern, und mit Dörfern und Gehöften besäet; hier ist der Wohnplatz des Menschen. Ueber diesen grünen Teppich erheben sich in malerischer Unordnung lachende Hügel, bald unbewaldet, bald mit schattigen Wäldern bedeckt. Höher hinauf erblickt man Felspartien, die Gruppen dunkler Tannen tragen. Oberhalb dieser Felsen breiten sich reiche Weideplätze über den Abhängen aus; aber jetzt ändert sich plötzlich der Charakter der Landschaft; der Tod folgt dem Leben, das Grün weicht den grauen gleichförmigen Farben des nackten Gesteins. Die Schönheit und Großartigkeit des Gebirges beruht jetzt auf den phantastischen und wilden Formen der Felsen, welche seine imposante Masse bilden. Noch weiter nach oben endlich hüllen sich die Alpen in einen glänzenden Mantel von Schnee, unter welchem jegliche Vegetation erlischt und ewiger Winter herrscht.

Wir sahen schon, daß die Vertheilung der Pflanzen über die Erdoberfläche durch die Wärme bedingt wird, welche die Erde von der Sonne empfängt. Da dieser Einfluß der Wärme auf die Vegetation von der allergrößesten Bedeutung ist, so hat man ihn schon lange studirt, um die Beziehungen, welche zwischen der Vertheilung der Wärme und dem Charakter der Vegetation existiren, aufzufinden. Diese Untersuchungen haben zu folgender Eintheilung der Erde in acht Zonen geführt.

1. Die äquatoriale Zone, die sich zu beiden Seiten des Aequators bis zum 15. Breitengrade erstreckt und eine Mitteltemperatur von 20—22° besitzt. Die große Feuchtigkeit der Luft und die hohe Temperatur entwickeln hier Pflanzenformen, die eben so schön wie mannigfaltig sind.

2. Die tropische Zone, welche vom 15. Breitengrade bis zu den Wendekreisen geht und eine mittlere Sommertemperatur von 20 und eine mittlere Wintertemperatur von 12 Grad hat, so daß schon in dieser Zone die Wärme merklichen Schwankungen unterworfen ist.

3. Die subtropische Zone, welche von den Wendekreisen bis zum 34. Breitengrade reicht. Ihre Mitteltemperatur liegt zwischen 14 und 17 Grad und läßt noch Pflanzen aus der Aequatorialzone zur Blüthe kommen. Sie ist für den Menschen der angenehmste Aufenthaltsort, weil der Winter hier noch nicht so rauh ist, daß man sich durch künstliche Mittel gegen seine Strenge schützen müßte.

4. Die wärmere gemäßigte Zone, die bis zum 45. Breitengrade geht und eine Mitteltemperatur von 10 bis 14° besitzt.

5. Die kältere gemäßigte Zone, die bis zum 56. Breitengrade reicht und 5—10° Mitteltemperatur hat.

6. Die subarktische Zone, die sich bis zum Polarkreise erstreckt mit einer Mitteltemperatur von 3—5°.

7. Die arktische Zone, die vom Polarkreise bis zum 72. Breitengrade reicht und deren Mitteltemperatur noch unter 2° bleibt.

8. Die Polarzone, die beim 72. Grad beginnt und den Pol in sich schließt. Der Sommer währt nur sechs Wochen und bringt für den Juli eine mittlere Wärme von 4,6°, die schon im August auf 1° sinkt; die Mitteltemperatur des Winters ist —24° und die mittlere Jahreswärme —12°.

Auf den ersten Blick scheint diese Eintheilung vollkommen genügend, da die einzelnen Zonen auch hinsichtlich ihrer mittleren Temperatur sich scharf von einander scheiden; allein mit Ausnahme der ersten und letzten Zone, die am besten begrenzt sind, variirt in allen übrigen Zonen das Clima in sehr erheblicher Weise.

In seinen Prolegomenis zur Flora Lapplands hat Linné die Vegetation in den verschiedenen Gegenden der Erde in der gedrängten Schreibweise, die diesem großen Forscher eigen ist, folgendermaßen charakterisirt: Die Familie der Palmen herrscht in den wärmsten Gegenden der Erde; fruchttragende Bäume bewohnen in großer Zahl die tropische Zone; ein reicher Kranz von Pflanzen schmückt die Ebenen des mittleren Europa; die Getreidepflanzen nehmen das nördliche Europa ein; die äußerste und kälteste bewohnte Region, Lappland, ist mit farblosen Algen und Flechten besetzt, Pflanzen der niedrigsten Gattung auf dem äußersten der Länder.

Da die Reihenfolge der Climate sich vom Fuß bis zum Gipfel eines Berges nach denselben Gesetzen vollzieht, welche sie vom Aequator bis zum Pol hin ordnen, so hält auch die Vegetation denselben Gang ein. In Bezug auf den Pflanzenwuchs wie auf das Clima scheint man nach Norden zu reisen, wenn man an einem isolirten Berge bis zu bedeutenden Höhen aufsteigt; nur durchschreitet man die einzelnen climatischen Zonen, die man sonst erst in Wochen durchmessen würde, hier in wenigen Stunden. Wir sahen, daß die Temperatur im Mittel um einen Grad abnimmt, wenn man sich um 600—900 Fuß, je nach der Beschaffenheit der Oertlichkeit und der Jahreszeit über den Boden erhebt. Wenn man beispielsweise auf den Abhängen des Mont Blanc die Reihenfolge der Climate untersucht, so findet man, daß die Linie für die Mitteltemperatur Null in 6200 Fuß Höhe liegt; die Isotherme von —4° trifft man bei 8800 Fuß, die von —8 bei 11,000, die für —12 bei 13,600 Fuß; auf dem Gipfel ist die Mitteltemperatur —13,6°. Da in diesen Breiten die mittlere Temperatur am Spiegel des Meeres 8,8° beträgt, so vermindert sie sich bis zum Gipfel hin um 22°; wenn daher die Be-

steigung einen Tag dauert, so hat man in physikalischer Beziehung eine ähnliche Reise gemacht, als wenn man sich von der Schweiz 35 Grad weiter nördlich nach Spitzbergen begeben hätte, so daß eine Erhebung von 420 Fuß einem Breitengrade entspricht. Ein Berg, auf welchem man die Reihenfolge der einzelnen Pflanzenarten vorzüglich erkennen kann, ist der 8600 Fuß hohe, südwestlich von Perpignan in den Pyrenäen gelegene Canigou. Die Oelbäume der Ebene erstrecken sich bis zum Fuße des Berges, der Weinstock geht bis 1650, die Kastanie bis 2500 Fuß. Die letzten Felder finden sich bei 5000 Fuß; die Tanne hört bei 6000 Fuß Höhe auf, während Eiche und Buche viel früher verschwinden. Die Birke steigt bis 6200 Fuß empor und die Kiefer bis 7400, um den verkrüppelten Pflanzen der Polarzone Platz zu machen. Eine Besteigung des Canigou gleicht daher einer Reise vom 42. bis zum 62. Breitengrade, d. h. von Corsica bis Norwegen. Hier entsprechen 430 Fuß Erhebung einem Breitengrade.

In den Schweizer Alpen verschwindet zuerst der Nußbaum, dann die Kastanie; bei 2400 Fuß trifft man diese Bäume auf der nördlichen Seite des Gebirges nicht mehr, während sie auf den südlichen Abhängen noch 300 Fuß höher gehen. Fast in derselben Höhe verschwinden die Eichen, die mit Buchen und Birken die Wälder bildeten. Der Kirschbaum geht bis 2900, die Buche bis 4000 Fuß. Die Cerealien reifen auf dem Nordabhange noch bei 3300, auf dem Südabhange in Graubünden noch bei 4600 Fuß Höhe. Von 4000 Fuß Höhe an bilden Tannen, Kiefern und Lärchen die weiten Wälder, welche das Gebirge bedecken, und verschwinden ihrerseits bei 5600 Fuß. Nur auf dem Südabhange des Monte Rosa gehen Lärchen und Weißtannen gemischt mit Birken bis 7000 Fuß. Die Birke, dieser ausdauernde Baum, der auch am weitesten nach Norden vordringt, verschwindet auch im Gebirge fast am spätesten; nur die Arve und die Bergföhre gehen noch einige Hundert Fuß weiter. Die Weideplätze erstrecken sich bis 7800 Fuß. Von nun an hört jeder Baumwuchs auf und nur kleine Gebüsche von Alpenrosen finden sich noch vor. Hat man auch diese Region, wo diese kräftigen Kinder der Alpenwelt ihr grünes Laub entfalten, durchschritten, so findet man nur noch Pflanzen, die kaum über den Boden hervorragen. Es sind dies die eigentlichen alpinen Gewächse. Indessen existirt ein reeller Unterschied zwischen den Lebensbedingungen in der Polarzone und der kalten Zone der Alpen. Je höher man im Gebirge aufsteigt, um so trockener und leichter wird die Luft, dagegen ist sie in der Polarzone schwer und mit Feuchtigkeit erfüllt. Mithin kann das Licht in dieser letzteren Region nicht so kräftig einwirken, wie auf dem Gebirge, und es müssen daher merkliche Unterschiede in den Lebensbedingungen für Pflanzen und Thiere in beiden Regionen stattfinden. Noch weiter nach Oben trifft man nur noch Flechten und nacktes Gestein und gelangt nun zu der Grenze des ewigen Schnees, deren Höhe sich nach den verschiedenen Breitengraden ändert.

Von allen Zonen, die sich etagenförmig an den Seiten der Gebirge hinaufziehen, ist keine so scharf begrenzt, als die Region des ewigen Schnees, die ihren Namen mit Recht trägt, weil der Schnee hier selbst der Gluth des Sommers widersteht, oder doch sich sofort wieder erneuert, wenn im Frühling und Sommer eine theilweise Schmelzung stattgefunden hat. Die Schneegrenze liegt begreiflicher Weise um so höher, je wärmer die betreffende Gegend ist. In der Polarregion, wo beständiger Frost herrscht, reicht sie bis zum Meere hinab, und beginnt in der Tropenzone erst in sehr beträchtlicher Höhe. Uebrigens wird ihre Lage durch sehr verschiedene Einflüsse bedingt. Sie hängt ab von der Wärme und dem Feuchtigkeitszustande der Luft, von der Gestalt des Gebirges, der Richtung der vorherrschenden Winde, je nachdem diese über Land oder über Meer wegstreichen, von der Gesammthöhe des Gebirges und der Neigung seiner Abhänge, endlich von der Ausdehnung und Meereshöhe der Ebene, aus welcher das Gebirge aufsteigt. Alle diese zusammen wirkenden Ursachen verschieben die Lage der Schneegrenze, so daß sie in den einzelnen Gebirgen eine sehr verschiedene Höhe einnimmt.

Seit langer Zeit hat man die meteorologischen Beziehungen zu ergründen gesucht, welche zwischen der Höhe der Schneegrenze und dem Clima einer Gegend bestehen. Bouguer meinte, daß diese Grenze dahin fiele, wo die Mitteltemperatur Null ist; Buch und Humboldt glaubten, daß die mittlere Temperatur des Sommers Null sein müßte, doch ist auch dies nicht richtig, vielmehr scheint es auf die Vertheilung der Wärme über die einzelnen Jahreszeiten anzukommen.

In unseren Breiten bedeckt der Schnee im Winter alle Abhänge der Gebirge bis hinab in die Ebene; im Frühling beginnt er an den tiefer gelegenen Stellen zu schmelzen, im Sommer geht die Schneeschmelze reißend schnell nach oben und macht im Herbste bei einem ziemlich unveränderlichen Punkte Halt. Hier beginnt die Grenze des ewigen Schnees. Während sechs Monaten rückt der Schnee immer weiter nach unten und zieht sich während der zweiten Jahreshälfte wieder zurück, woraus folgt, daß die Lage der Schneegrenze von der Temperatur, die während der wärmeren Jahreszeit herrscht, abhängig ist, so daß für unsere Halbkugel nur die Zeit vom 22. April bis zum 22. October in Betracht kommt. Wir erhalten somit das allgemeine Gesetz: Die Schneegrenze liegt überall in der Höhe, wo während der wärmeren Hälfte des Jahres die Mitteltemperatur gleich Null ist. Die Gletscher machen hiervon eine Ausnahme; sie bilden Eisanhäufungen in Thälern, wo der Schnee sich ansammelt und von den Seitenwänden hinabgleitet, so daß stets ein neuer Ersatz für die in dem unteren Theile des Thales geschmolzenen Massen stattfindet.

In den Anden unter dem Aequator beginnt die Region des ewigen Schnees bei 15,000 Fuß, am Südabhange des Himalaya (30° Breite) bei 15,200, am Nordabhange bei 12,250, in den Pyrenäen (42° Br.) bei 8700, an dem Südabhange

der Alpen (45° Br.) bei 8300, in den Karpaten (47° Br.) bei 5000, auf Island (65° Br.) bei 2900 Fuß, und erreicht an der Südostküste Spitzbergens unter dem 78. Breitengrad den Erdboden.

Wir kennen somit die untere Grenze des ewigen Schnees, von einer oberen Grenze kann keine Rede sein, da selbst die höchsten Gipfel noch nicht in jene Luftschichten hineinreichen, in denen sich keine Schneekrystalle mehr bilden. Wenn die Gebirge sich noch zu weit beträchtlicheren Höhen erhöben, so würden wir an ihnen auch eine obere Schneegrenze wahrnehmen. Die kalte Luft der hochgelegenen Theile der Atmosphäre enthält nur sehr wenig Wasserdampf, und die wenigen Schneeflocken, welche noch auf Gebirgen von 45,000 oder 50,000 Fuß Höhe fallen könnten, würden bald durch den Wind weggefegt oder durch die Sonnenstrahlen geschmolzen werden. Auf einem Berge von solcher Höhe würde die Schneeregion unterwärts durch grüne Weiden, oberwärts durch ganz vegetationslose Einöden begrenzt sein. Nach Tschudi fällt auf den Alpen schon in 10,000 Fuß Höhe verhältnißmäßig nur wenig Schnee; die meisten Schneewolken entladen sich auf den 7000—9000 Fuß hohen Bergen. In diesen Höhen fällt sogar bisweilen Regen, aber schon bei 9000 Fuß ist derselbe sehr selten und bei 10,000 Fuß enthalten die Wolken stets nur Schnee.

Der oberhalb der Schneegrenze fallende Schnee thaut nicht gänzlich weg; nur ein geringer Theil schmilzt unter der directen Wirkung der Sonnenstrahlen, und das Schmelzwasser sickert in den Schnee ein; indem dies Wasser im Laufe der Nacht gefriert, geht der Schnee in den sogenannten Firn über und bildet jetzt ein Mittelding zwischen Schnee und Eis. Der Firn besteht aus kleinen rundlichen Krystallen, welche durch den Druck der darauf lastenden Massen unter sich zusammenhängen; seine Dichtigkeit liegt zwischen der des Schnees und des Eises. Während ein Kubikmeter Schnee ungefähr 170 Pfund, ein Kubikmeter compacten Eises 1800 Pfund wiegt, beträgt das Gewicht der gleichen Menge Firn 600—1200 Pfund (ein Kubikmeter Wasser wiegt 2000 Pfund). Die Grenze zwischen Eis und Firn ist nicht scharf gezogen. Je nach dem Druck, den der letztere erleidet, macht er eine Reihe von Phasen durch, die sich durch ihre Dichtigkeit unterscheiden; zuerst verwandelt er sich in blasiges, dann in weißes, körniges Eis, und geht endlich in das dichte bläuliche Eis über, welches die Masse der Gletscher bildet.

Die für die Entstehung von Gletschern vortheilhaftesten Bedingungen, sagt Agassiz, treten ein, wenn mehrere hohe Berge einander sehr nahe rücken, wie im Berner Oberland die Jungfrau, der Mönch, der Eiger, das Finsteraarhorn und das Schreckhorn, oder in der Kette des Monte Rosa das Görnerhorn, der Rosa und der Lyskamm, oder in der Mont Blanc Gruppe der Mont Blanc, die Aiguille du Midi, der Dome du Goutier, der Pic du Geant u. a. In diesem Falle bedecken sich nicht blos die höheren Regionen, sondern auch die

Plateaus und die Zwischenthäler mit Gletschern bis zu solcher Tiefe abwärts, wo jene nicht mehr vorkommen würden, wenn die hohen Gipfel weiter von einander entfernt wären. So bilden weite Plateaus von vielen Quadratmeilen Oberfläche ein zusammenhängendes Gletschergebiet, aus dem die Kämme und Spitzen der höchsten Berge wie Inseln aus dem Ocean hervorragen. Diese weiten Gletscherfelder werden Eismeere genannt; sie senden von ihrem Umfange überall Ausläufer aus, die in Thälern und Schluchten tief in die untere Region vordringen. Es sind dies die Gletscher im engeren Sinne. In der Schweiz zählt man 600 eigentliche Gletscher; vom Mont Blanc bis nach Tyrol beherbergen die Schweizer Alpen ein einziges ungeheures Eismeer, das mit seinen Eis- und Schneemassen die wichtigsten Flüsse Europas speist.

Das Eis der Gletscher ist wesentlich von dem gewöhnlichen Eise verschieden; es ist nicht glatt und glänzend wie dieses, sondern höckerig, geschichtet, und ist aus einer Unzahl von Körnern und Blöcken zusammengesetzt, welche 20—50 Centimeter Durchmesser haben und durch unzählige haarfeine Spalten von einander getrennt sind. Je höher man auf den Gletscher hinaufsteigt, um so mehr nimmt die Größe dieser Körner ab, und zuletzt besteht die ganze Masse aus feinkörnigem Schnee, dem obenerwähnten Firn. Der ganze Gletscher ist eigentlich nichts Anderes, als Firn, der allmählig in compactes Eis verwandelt worden ist. Obgleich die Mitteltemperatur der Firnregion weit unter Null liegt, so schmilzt doch die Sonne während der Sommermonate einen Theil des Firn; das gebildete Wasser dringt in die Firnmasse ein, gefriert in der Nacht und kittet so die einzelnen Firnkörner zu einem anfangs noch wenig dichten Eise zusammen, welches mehr und mehr an Festigkeit und Dicke zunimmt, in dem Maße als neues Schmelzwasser eindringt. Die Umwandlung des Firns in Eis vollzieht sich gewöhnlich von unten nach oben, weil die unteren Theile des Firnlagers durch das abwärts strebende Wasser zuerst vollständig durchtränkt werden.

Jeder Gletscher hat seinen eigenen Charakter je nach der Vertheilung der Spalten, die ihn durchfurchen, nach den Eisnadeln und Eispyramiden, die er auf seinem Rücken trägt, nach den Steinwällen oder Moränen, die er neben sich und vor sich aufhäuft, und nach manchen andern Umständen; überdies verändert sich sein Aussehen mit jedem Jahre, ja mit jeder Jahreszeit, bisweilen sogar von einem Tage zum andern. Niemals sind die Gletscher völlig weiß; aus der Ferne gesehen erscheinen sie bläulich und grünlich, welche Färbung intensiver an den Rändern der Nadeln und im Innern der Spalten, als an der Oberfläche hervortritt. Befindet man sich auf dem Gletscher selbst, so erscheint seine Oberfläche, soweit sie nicht von Steintrümmern bedeckt ist, mattweiß. Weiter nach oben hin, wo das Eis weniger dicht ist, verlieren die Farben an Intensität, das Blau der Spalten wird matter und geht zuletzt in Grün über. Noch lebhaftere

Farben nimmt man in den Eisgrotten wahr, welche sich an dem unteren Absturze des Gletschers öffnen. Das durch die Risse und Spalten hinabbringende Wasser vereinigt sich am Grunde des Gletschers zu einem Bache, welcher die ganze Eismasse unterhöhlt und an der Front zu Tage tritt. Durch diese Unterhöhlung entstehen nun oft große Eisgrotten, die bei einer Breite von 60 Fuß oft 100 Fuß hoch sind, sich weit in das Innere des Gletschers erstrecken und ohne große Schwierigkeit besucht werden können. Das Innere einer solchen Gletscherhöhle erscheint in wahrhaft zauberischer Pracht; in der Nähe des Einganges, wo die Wände das Licht am leichtesten durchlassen, funkeln alle Spalten in buntem Glanze, roth, grün und blau; weiter im Innern erscheint Alles wie mit tiefblauem Lichte übergossen. Die Wände und die Decke strahlen dasselbe aus, jedes am Boden liegende Eisstück ist von ihm durchleuchtet, verliert aber, wenn man es an das Tageslicht bringt, sofort seine prächtige Färbung.

Die Spalten und Risse, welche bald den ganzen Gletscher quer durchsetzen, bald nur bis zu geringerer Tiefe eindringen, sind oft so breit, daß man sie umgehen oder vermittelst darüber gelegter Leitern passiren muß. Saussure traf bei seiner Besteigung des Mont Blanc auf eine Spalte, welche wohl hundert Fuß breit und so tief war, daß man nirgends den Grund erkennen konnte. Der Schnee fällt in diese Spalten und verdeckt sie oft gänzlich; wenn er nur die beiden Ränder mit einander verbindet, so bildet sich eine Brücke über dem Abgrunde, welche schon bei einer geringen Erschütterung zusammenstürzen kann. Diese trügerischen Schneedecken bereiten den Reisenden die größten Gefahren; nichts verräth die breite Spalte, die darunter klafft, der ebene Schnee ladet zum Vorwärtsschreiten ein: allein wenn man den Fuß hinaufsetzt, ohne vorher den Schnee sorgfältig zu untersuchen, kann die Decke zusammenbrechen und mit dem Unglücklichen in die Tiefe stürzen. Die Mehrzahl der Unglücksfälle, welche sich alljährlich in den Alpen ereignen, wird durch das Zusammenbrechen solcher Schneebrücken verursacht. Man kann sich eines gewissen Schreckens nicht erwehren, wenn man sich auf dem Gletscher in dem Augenblicke befindet, wo sich eine Spalte bildet. Die Eismasse beginnt plötzlich zu knarren und zu krachen, dumpfe, durch plötzliche Sprünge verursachte Detonationen lassen sich von Zeit zu Zeit in dem Innern vernehmen, während ein knirschender Ton, wie ihn der Diamant beim Schneiden des Glases erzeugt, das allmählige Wachsen der Spalte verkündet. Indem sie sich langsam öffnen, gewähren diese Risse einen fesselnden Anblick. Die beiden blauen Wände verlieren sich unterwärts in undurchdringliche Finsterniß, Steine rollen von oben hinab und verschwinden mit dumpfem Gepolter, das Rauschen des Gletscherbaches tönt undeutlich aus der Tiefe empor und bisweilen bringen scharfe, kalte Windstöße aus der Spalte hervor.

Unter dem Namen Moränen begreift man eine Anhäufung von Steinen,

Sand und Gerölle, welche man zu beiden Seiten und am Absturze, bisweilen auch auf dem Gletscher selbst antrifft; es sind dies Trümmer, welche von den umliegenden Thalrändern herabgestürzt sind.

In den Alpen fällt der Schnee jährlich etwa 54 Fuß hoch, was einer 7 Fuß hohen Schicht festen Eises entspricht. In diesen hohen Regionen vermag die Sonne nicht, eine so große Menge Schnee zu schmelzen, so daß jährlich ein Rest zurückbleibt. Verharrte nun der Schnee an seiner Stelle, so würde er im Laufe der Jahre zu wahren Gebirgen anwachsen. Nehmen wir an, daß an einem bestimmten Punkte oberhalb der Schneelinie jährlich 3 Fuß Schnee ungeschmolzen zurückblieben, so würde sich seit Christi Geburt hier ein Schneegebirge von 5600 Fuß Höhe aufgethürmt haben. Da nun eine solche Anhäufung des Schnees im Hochgebirge nicht stattfindet, so fragt es sich, auf welche Weise die Berge von dem Ueberschuß entlastet werden? Einen Theil dieser Arbeit übernehmen die Winde, indem sie den Schnee emporwirbeln und in tiefer gelegene Regionen schleudern, wo eine höhere Temperatur herrscht. Jeder heftige Windstoß fegt Tausende von Kubikmetern Schnee von den Berggipfeln herab, so daß vom Thal aus die vom Winde gepeitschten Spitzen wie in Rauch gehüllt erscheinen. Indessen tragen die warmen Winde weit mehr als die Stürme zur Verringerung der auf dem Hochgebirge lastenden Schneemassen bei. So bringt der in der Schweiz unter dem Namen des Föhn bekannte Wind in zwölf Stunden eine zwei Fuß dicke Schneeschicht zum Schmelzen oder zum Verdunsten (er frißt den Schnee, sagen die Bergbewohner) und führt den Frühling auf die Höhen. Er ist nächst der Sonne der hauptsächlichste „Wettermacher" in den Alpen.

Ueberdies verharren die Schnee- und Eismassen nicht unbeweglich an ihrer Stelle, sondern gleiten fast unmerklich langsam an den Hängen abwärts. In dem Grade, als sich Schicht auf Schicht häuft, werden die unteren Lagen zusammengedrückt und nehmen an Dichtigkeit zu, und wenn sie auf einer schiefen Ebene ruhen, so folgen sie schließlich dem Gesetze der Schwere und gleiten abwärts. Gerade so gleitet auch der Gletscher auf seinem geneigten Bett herab. Die ganze gewaltige Eismasse ist in langsamer Bewegung, wobei sie die Thalwände furcht und das harte Gestein glatt schleift; in demselben Maße wird die untere Fläche des Gletschers durch die Felsen, über welche sie hingleitet, zerrissen und zerklüftet. Das allmählige Abwärtsgleiten führt den Gletscher in wärmere Regionen und entwickelt eine stärkere Schmelzung, bis er eine Stelle erreicht, wo das Nachrücken der Masse dem Abschmelzen das Gleichgewicht hält; hier muß alsdann das Ende des Gletschers liegen. Gewöhnlich erhebt sich die Front zu einer bedeutenden Höhe, oft mehrere Hundert Fuß hoch; doch verlaufen auch manche Gletscher ganz schollenförmig. Bei dem Schmelzen fallen die auf dem Gletscher lagernden Steinmassen zu Boden und bilden seitwärts und vor der Front die erwähnten Moränen.

So ist der Gletscher ein mächtiger Eisstrom, welcher in der Firnregion entspringend den Thalabhang langsam herabrollt und den Windungen des Thals folgt, wie jeder andere Fluß. Langsam, aber mit unwiderstehlicher Gewalt rückt die Eismasse vorwärts, schiebt die größten Felstrümmer vor sich her, zermalmt kleinere und reißt mächtige Gesteinsbrocken von den Thalwänden los. Verengert sich das Thal, so drängen sich die Massen zusammen, die Ränder steigen an den Wänden in die Höhe, große Blöcke schieben sich über einander, hohe Eispyramiden stürzen zusammen und das Ganze hat das Aussehen, als ob die brandende See plötzlich erstarrt wäre. Ist das Thal durch einen Querriegel geschlossen, so staut sich der Gletscherstrom an demselben auf, hebt sich höher und höher, bis er die Felswand überragt, und stürzt auf der anderen Seite in mächtigen Blöcken als Eiscascade herab, um unten einen neuen Gletscher zu bilden. Bisweilen fließen mehrere solcher Gletscherströme, die aus verschiedenen Firnlagern entspringen, zusammen und schieben vereint ihre Eismassen zu Thal. So wird der Schnee und das Eis aus den Gegenden oberhalb der Schneegrenze von den Gletschern weiter nach unten geschafft, um hier zu schmelzen und die Flüsse zu speisen.

Die Bewegung geht nicht in allen Theilen des Gletschers mit derselben Stärke vor sich, vielmehr besitzen die einzelnen Abschnitte ungleiche Geschwindigkeit. Die Mitte, wo die Masse am dicksten, die Neigung des Thals am stärksten ist, eilt voraus, während die Ränder, wo das Eis dünner ist und die Reibung die Bewegung mehr beeinträchtigt, zurückbleiben. Agassiz und Desor haben am Unteraargletscher nachgewiesen, daß die Mitte jährlich etwa 230 Fuß vorrückte, während die Ränder sich kaum 100 Fuß weit fortbewegten.

Bis jetzt ist die Geschwindigkeit, mit welcher die Gletscher sich bewegen, nur selten gemessen; hauptsächlich dienten hierbei Gegenstände, welche auf dem Gletscher lagen. So wurde im Jahre 1832 eine Leiter, welche Saussure im Jahre 1788 am Fuße der Aiguille noire zurückgelassen hatte, 13,500 Fuß weiter abwärts gefunden, und hatte daher in diesen 44 Jahren täglich etwa 10 Zoll zurückgelegt. Annähernde Berechnungen ergeben, daß der am Col du Geant gefallene Schnee etwa 120 Jahre gebraucht, um am unteren Ende des Glacier du Bois anzulangen und zu schmelzen. Auch einzelne menschliche Ueberreste haben zu diesen Messungen gedient. In den Jahren 1861, 1863 und 1865 stieß der Bossonsgletscher die Reste dreier Führer aus, welche im Jahre 1820 in die erste Spalte, die sich am Fuße des Mont Blanc öffnet, gestürzt waren. Die Leichen hatten in mehr als 40 Jahren etwa 3/4 Meilen zurückgelegt und waren daher jährlich um 450 Fuß weiter abwärts geschoben. Der Ahrenthalgletscher in den österreichischen Alpen, der sich sehr langsam bewegt, stieß im Jahre 1860 einen wohl erhaltenen Leichnam aus, der in eine Tracht gekleidet war, wie sie schon seit Jahrhunderten von den Bergbewohnern nicht mehr getragen wird.

Der Eindruck, den die Natur in diesen hochgelegenen Gegenden auf den Forscher macht, tritt uns am lebhaftesten entgegen, wenn wir den Männern folgen, welche sich bei wissenschaftlichen Expeditionen so hoch erhoben haben, und wenn wir mit ihnen das Naturgemälde betrachten, welches sich ihren Augen darbot. Da die ersten solcher Unternehmungen stets den lebhaftesten Eindruck machen, so wollen wir unter den vielen im Laufe eines Jahrhunderts ausgeführten Besteigungen des Mont Blanc die erste von allen wählen, nämlich die von Saussure. Von 1760—1786 hatte dieser unermüdliche Forscher den Führern eine ansehnliche Belohnung versprochen, wenn sie einen Weg auffänden, auf welchem man den Gipfel des Berges erklettern könnte. Im Jahre 1774 versuchten es vier Führer aus Chamouny, mußten aber ihr Unternehmen aufgeben; nicht glücklicher waren 1783 drei andere Führer. Endlich gelang es im Jahre 1786 dem überaus geschickten Führer Jakob Balmat, den 14,800 Fuß hohen Gipfel zu erklettern. Nach zwei vergeblichen Versuchen führte nun auch Saussure am 1. August 1787 den lange gehegten Plan der Besteigung aus. Jakob Balmat begleitete ihn als Hauptführer, außerdem folgten ihm 17 andere Führer und Gepäckträger und sein Bedienter. Seinen Sohn, der sich gern der Expedition angeschlossen hätte, ließ er in Chamouny zurück, um dort Beobachtungen, die mit den seinigen correspondirten, anzustellen. Lassen wir nun den kühnen Gelehrten selbst die Eindrücke dieser gewagten Expedition beschreiben.

„Um völlig freie Wahl in Bezug auf den Ort des Nachtlagers zu haben, ließ ich ein Zelt mitnehmen und verbrachte die erste Nacht unter demselben auf der Höhe des ersten Abhanges. Dieser Tag verlief ohne Gefahren und ohne große Anstrengung; man steigt immer auf dem Rasen oder dem Felsen aufwärts und legt den Weg bequem in 6 oder 7 Stunden zurück. Allein von dort bis zum Gipfel geht es nur über Eis oder Schnee. Der zweite Tagemarsch war höchst anstrengend. Zunächst muß man den auf dem Abhange lagernden Gletscher überschreiten, um an den Fuß einer kleinen von den Schneefeldern des Mont Blanc eingeschlossenen Bergkette zu gelangen. Dieser Gletscher ist schwer und gefährlich zu passiren. Breite und tiefe unregelmäßige Spalten durchsetzen ihn, und oft muß man dieselben auf Schneebrücken überschreiten, die nur dünne sind und über dem Abgrund schweben. Einer meiner Führer wäre hier beinahe verunglückt; er war am Tage zuvor mit zwei anderen vorausgegangen, um den Weg zu untersuchen. Glücklicherweise hatten sie die Vorsicht gebraucht, sich mit Seilen aneinander zu binden. Als nun unter dem in der Mitte Gehenden die Schneebrücke über einer tiefen Spalte einbrach, blieb er zwischen seinen beiden Gefährten schweben. Wir kamen dicht an der entstandenen Oeffnung vorüber und ich schauderte bei dem Anblicke der Gefahr, welcher er entgangen war. Der Weg über den Gletscher ist so mühsam und macht so viele Windungen, daß wir drei Stunden

gebrauchten, um bis zu den ersten Felsen der isolirten Bergkette zu gelangen, obschon die Entfernung in gerader Linie nur eine Viertelstunde betrug. Um 4 Uhr Nachmittags erreichten wir das zweite der drei großen Schneefelder, welche wir zu passiren hatten. Wir machten Halt, um hier die Nacht zu verbringen. Meine Führer untersuchten sofort die Stelle, wo wir das Zelt aufschlagen wollten; allein sie fühlten sehr bald die Wirkungen der verdünnten Luft (das Barometer zeigte nur noch 17 Zoll und 10 Linien). Diese starken Männer, für welche der vorangegangene sieben- oder achtstündige Marsch gar nichts bedeutete, hatten kaum 5 oder 6 Schaufeln Schnee ausgehoben, als sie sich unfähig fühlten, fortzufahren, so daß sie sich alle Augenblicke ablösen mußten. Einer von ihnen, welcher zurückgegangen war, um mit einem Fäßchen Wasser zu schöpfen, das wir in einer Spalte entdeckt hatten, wurde auf dem Wege von Uebelkeit befallen, kam ohne Wasser zurück, und brachte den Abend unter furchtbaren Beängstigungen zu. Ich selbst, der ich doch so sehr an die Luft der Berge gewöhnt bin, und mich in dieser Luft weit besser, als in derjenigen der Ebene befinde, war vollständig erschöpft, als ich die Instrumente aufstellte. Dies Uebelbefinden verursachte einen brennenden Durst, und wir konnten uns nur dadurch Wasser verschaffen, daß wir Schnee schmelzen ließen, denn das Wasser, welches wir beim Heraufsteigen gesehen hatten, war gefroren, als wir dahin zurückkehrten; das kleine Kohlenbecken, welches wir mitgenommen hatten, konnte nur langsam den Schnee schmelzen, welcher 20 verschmachtete Menschen erquicken sollte.

Von der Mitte dieses Plateaus, welches im Süden von der letzten Kette des Mont Blanc, im Osten von seinen hohen Vorbergen und im Westen von dem Dome du Goutier eingeschlossen wird, sieht man fast nichts als Schnee; er ist ganz rein und von blendender Weiße und bildet auf den höchsten Gipfeln den auffallendsten Gegensatz zu dem fast schwarzen Himmel dieser Regionen. Man trifft hier kein lebendes Wesen, keine Spur von Vegetation an; Kälte und Schweigen herrschen überall. Meine Führer, welche die Kälte über Alles fürchteten, schlossen alle Oeffnungen des Zeltes so sorgfältig, daß ich viel von der Hitze und der durch unser Athmen verdorbenen Luft zu leiden hatte. Ich sah mich genöthigt, in die Nacht hinaus zu treten, um einmal frische Luft zu schöpfen. Der Mond leuchtete im hellsten Glanze an einem Himmel, der schwarz wie Ebenholz war. Der Jupiter trat in vollem Glanze hinter dem höchsten östlichen Gipfel des Mont Blanc hervor und das von dem weiten Schneebecken zurückgeworfene Licht war so hell, daß man nur Sterne erster und zweiter Größe unterscheiden konnte. Kaum waren wir eingeschlafen, als wir durch das Getöse einer mächtigen Lawine erweckt wurden, welche einen Theil des Abhanges überschüttete, den wir am folgenden Tage erklettern wollten. Bei Tagesanbruch stand das Thermometer auf $2\frac{1}{2}$ Grad unter dem Gefrierpunkt.

Wir brachen erst spät auf, da wir Schnee für das Frühstück und den Tagesbedarf schmelzen mußten; das Wasser wurde sofort nach dem Schmelzen getrunken, und diese Leute, welche den mitgenommenen Wein so gewissenhaft aufbewahrten, unterschlugen fortwährend das Wasser, welches ich in Reserve halten ließ. Wir begannen zum dritten und letzten Plateau emporzusteigen und hielten uns links, um den höchsten Felsen des östlichen Gipfels zu erreichen. Der Abhang ist ungemein steil und hat an einigen Stellen 39 Grad Neigung. Ueberall grenzt er an Abgründe und die Oberfläche des Schnees war so hart, daß die Vorangehenden, um nur festen Fuß fassen zu können, den Schnee mit einem Beil bearbeiten mußten. Wir gebrauchten zwei Stunden, um diesen Abhang zu ersteigen, der etwa 1500 Fuß Höhe hat. Bei dem letzten Felsen angelangt wandten wir uns rechts nach Westen, um die letzte Höhe von etwa 900 Fuß zu erklettern. Dieser letzte Abhang ist nur um 28 bis 29 Grad geneigt und bietet keine Gefahr beim Besteigen. Aber die Luft ist so dünn, daß die Kräfte sich bald erschöpfen. Dem Gipfel nahe konnte ich immer nur 15 bis 16 Schritte machen, ohne wieder Athem zu schöpfen; von Zeit zu Zeit spürte ich sogar Anwandlungen von Ohnmacht, die mich zwangen, mich zu setzen; sobald ich wieder zu Athem kam, kehrten meine Kräfte zurück, und wenn ich mich wieder in Marsch setzte, meinte ich, in einem Zuge bis zum Gipfel steigen zu können. Alle meine Führer befanden sich in einem ähnlichen Zustande. Wir gebrauchten zwei Stunden, um von dem letzten Felsen bis zum Gipfel zu gelangen, und es wurde 11 Uhr, bevor wir dort ankamen.

Meine Blicke richteten sich zuerst nach Chamouny, wo ich meine Frau und ihre beiden Schwestern wußte, die mit dem Auge am Fernrohr alle meine Bewegungen mit einer Unruhe verfolgten, die ohne Zweifel übertrieben, darum aber nicht minder grausam war, und ich verspürte ein sehr angenehmes und tröstliches Gefühl, als ich die Fahne wehen sah, die sie versprochen hatten in dem Augenblicke zu entfalten, wo sie mich auf dem Gipfel anlangen sehen und ihre Befürchtungen schwinden würden.

Ich konnte mich nun in aller Ruhe dem großen Schauspiel vor meinen Augen hingeben. Ein leichter Dunst in den unteren Schichten der Atmosphäre verbarg dem Auge die tiefsten und entferntesten Gegenstände, wie die Ebenen Frankreichs und der Lombardei; aber ich bedauerte diese Einbuße nicht weiter. Was ich sehen wollte und was ich jetzt mit der größten Deutlichkeit sah, war das Ensemble aller dieser hohen Gipfel, deren Bau ich schon so lange hatte kennen lernen wollen. Ich traute kaum meinen Augen; es erschien mir wie ein Traum, als ich unter meinen Füßen diese majestätischen Gipfel, diese furchtbaren „Nadeln" erblickte, den Midi, Argentiere, Geant, zu deren Fuß mir der Zugang so schwer und gefährlich gewesen war. Jetzt wurde mir ihre Beziehung und Verbindung mit einander

und ihr Bau klar, und ein einziger Blick hob Zweifel, welche Jahre voller Arbeit nicht hätten beseitigen können.

Während dessen schlugen die Führer das Zelt auf und richteten den kleinen Tisch her, auf welchem ich meine Experimente anstellen wollte. Als ich aber die Instrumente zu ordnen begann, mußte ich alle Augenblicke meine Arbeit unterbrechen, um Athem zu schöpfen. Bedenkt man, daß das Barometer hier nur auf 16 Zoll und 1 Linie zeigte, die Luft also ungefähr nur die Hälfte ihrer gewöhnlichen Dichtigkeit besaß, so begreift man, daß man die Dichtigkeit durch häufiges Einathmen ersetzen mußte. Dieses schnellere Athmen beförderte die Bewegung des Blutes um so mehr, als die Arterien einem Gegendruck ausgesetzt waren, der weit geringer war als gewöhnlich; wir hatten alle daher gewissermaßen das Fieber. Ich blieb bis gegen 3½ Uhr auf dem Gipfel; obgleich ich keinen Augenblick ungenützt verstreichen ließ, konnte ich doch in diesen 4½ Stunden nicht alle die Experimente anstellen, die ich am Meeresspiegel oft genug in drei Stunden ausgeführt hatte. Doch stellte ich die wichtigsten sorgfältig an.

Als ich dieses großartige Belvedere verließ, gelangte ich in ¾ Stunden zu dem Felsen, welcher im Osten den letzten Vorsprung des Hauptgipfels bildet. Das Niedersteigen auf diesem Abhange, dessen Erklimmen uns so viel Mühe gekostet hatte, war leicht und angenehm. Anders war es mit dem Niedersteigen auf dem Abhange, der von hier bis zu dem Plateau führt, wo wir übernachtet hatten. Die große Geschwindigkeit, mit der es abwärts ging, der unerträgliche Glanz der Sonne, welcher vom Schnee zurückgestrahlt unser Auge traf und die Abgründe, die er unter uns beleuchtete, noch schrecklicher erscheinen ließ, machte das Abwärtssteigen überaus peinlich. Hatte der hart gefrorene Schnee am Morgen unseren Marsch sehr erschwert, so war seine weiche Beschaffenheit, die er unter der Wirkung der Sonnenstrahlen angenommen hatte, jetzt am Abend ebenso unbequem, weil man unter der aufgeweichten Oberfläche immer harten und schlüpfrigen Grund fand. Da wir alle uns vor diesem Abwärtssteigen fürchteten, so hatten einige Führer, während ich meine Beobachtungen anstellte, sich nach einem anderen Wege umgesehen; da aber ihre Bemühungen vergeblich geblieben waren, so mußten wir beim Niedersteigen denselben Weg einhalten, den wir beim Aufwärtsklimmen verfolgt hatten. Indessen legten wir ihn, Dank der Sorgfalt unserer Führer, ohne Unfall zurück und zwar in weniger als 5/4 Stunden. Wir kamen an der Stelle vorüber, wo wir in der Nacht zuvor wenn auch nicht geschlafen, so doch geruht hatten, und gingen noch eine Stunde weiter bis zu dem Felsen, wo wir beim Aufwärtssteigen angehalten hatten. Ich beschloß, hier die Nacht zuzubringen.

Ich betrachtete die Wolkenansammlungen, welche unter unseren Füßen über den Thälern und den weniger hohen Bergen schwebten. Statt ebene und gleich-

förmige Flächen zu zeigen, wie man sie von unten her sieht, erschienen sie in den sonderbarsten Gestalten, wie Thürme, Schlösser, Riesen, und schienen durch senkrechte Luftströmungen, welche von den verschiedenen Theilen des Landes ausgingen, getragen zu werden. Oberhalb dieser Wolken erblickte ich den Horizont durch ein aus zwei Streifen gebildetes Band eingefaßt; der untere war dunkelroth, der obere heller, aus dem letzteren schien sich eine Flamme von der schönen Farbe des Morgenroths, zart und verschieden schattirt, zu erheben. Wir aßen vergnügt und mit gutem Appetit zu Abend, worauf ich auf meiner Matratze eine vorzügliche Nacht verbrachte. Nun erst genoß ich die Freude, diesen Plan, den ich vor 27 Jahren bei meinem ersten Besuche in Chamouny entworfen hatte, ausgeführt zu haben, einen Plan, den ich so oft aufgegeben und wieder aufgenommen hatte, und der für meine Familie unaufhörlich ein Gegenstand der Sorge und der Unruhe gewesen war. Als ich mich gut ausgeruht hatte und in dem Dunkel der Nacht die angestellten Beobachtungen noch einmal durchging, und mir vor Allem das prachtvolle Tableau, das sich meinem Gedächtnisse fest eingeprägt hatte, zurückrief, und da ich die wohlbegründete Hoffnung hegte, auf dem Col du Geant das zu vollenden, was ich auf dem Mont Blanc nicht ausgeführt hatte, und was wohl niemand dort jemals ausführen wird, genoß ich eine aufrichtige und ungetrübte Befriedigung.

Am 4. August, dem vierten Tage unserer Reise, brachen wir gegen 6 Uhr Morgens auf. Zunächst waren wir genöthigt, eine breite Spalte auf einer so schmalen Schneebrücke zu überschreiten, daß sie am Rande nur drei Zoll Dicke hatte. Einer der Führer, welcher sich ein wenig von der Mitte entfernte, trat mit dem einen Fuß durch den Schnee ins Leere. Als wir hernach den Gletscher betraten, den wir der Quere nach überschreiten mußten, fanden wir ihn in diesen letzten 24 Stunden so verändert, daß wir den Weg, den wir beim Aufsteigen verfolgt hatten, nicht wieder erkennen konnten. Die Spalten hatten sich erweitert, die Schneebrücken waren gebrochen; oft mußten wir wieder umkehren, da wir keinen Ausweg fanden, noch öfter mußten wir uns der Leiter zur Ueberschreitung der Spalten bedienen, die wir ohne dieses Hülfsmittel nicht hätten passiren können. Als wir dem Rande nahe waren, glitt der eine Führer aus und rutschte bis zu dem Rande einer Spalte, in die er beinahe hinabgestürzt wäre und wo er einen der Zeltpfähle verlor. In diesem Augenblicke des Schreckens stürzte eine ungeheure Eisscholle in eine große Spalte mit einem Getöse, das den Gletscher erbeben machte. Endlich erreichten wir um 9½ Uhr den Felsboden und waren nun aller Mühe und aller Gefahr ledig. Wir gebrauchten von dort nur 2¾ Stunden bis zu der Priorei von Chamouny, wo ich die Genugthuung hatte, alle meine Begleiter wohlbehalten anlangen zu sehen. Bei unserer Ankunft wurden wir in froher und zugleich rührender Weise empfangen. Alle

Verwandten und Freunde der Führer eilten herbei, um sie zu umarmen und wegen ihrer Rückkehr zu beglückwünschen. Meine Frau, ihre Schwestern und meine Söhne, welche in Chamouny lange und peinliche Stunden in der Erwartung der Expedition zugebracht hatten, mehrere unserer Freunde, welche von Genf herbeigeeilt waren, um unserer Ankunft beizuwohnen, sprachen in diesem glücklichen Augenblick ihre Genugthuung aus, welche die vorangegangenen Befürchtungen um so lebhafter machten. Nachdem wir einige vergleichende Beobachtungen angestellt hatten, kehrten wir alle glücklich nach Genf zurück, von wo ich den Mont Blanc mit einem wahren Vergnügen und ohne das Gefühl der Unruhe, welches sein Anblick mir früher eingeflößt hatte, wieder sah."

So verlief die erste vollständige und methodische Besteigung des Mont Blanc, für welche die ohne Gepäck, ohne Vorräthe und ohne Instrumente ausgeführte Besteigung Balmats gewissermaßen nur den Vorläufer bildete. Seitdem sind mehrere Hundert ausgeführt und jetzt wird der Mont Blanc in jedem Jahre wohl 40 mal bestiegen. Die meisten dieser Besteigungen werden von Touristen ausgeführt, welche aus reiner Neugierde, ohne irgend ein wissenschaftliches Interesse, ihr Leben auf das Spiel setzen. Einige wenige dieser Besteigungen, wie die von Martins, Bravais und Lepileur im Jahre 1844 verdienen neben der Expedition Saussures genannt zu werden, da sie zur Förderung der Wissenschaft beigetragen haben. Einzelne sind durch schreckliche Unglücksfälle, welche meistens durch Verwegenheit und Unvorsichtigkeit herbeigeführt wurden, bekannt geworden. So stürzten am 20. August 1820, als der Doctor Hamel trotz des frisch gefallenen Schnees den Berg zu ersteigen versuchte, drei Führer in die große Spalte am Fuße des Mont Blanc Gipfels. Im Jahre 1865 hatten sieben Reisende den Gipfel des Mont Cervin erstiegen und sich beim Abwärtssteigen wie gewöhnlich mit einem langen Seile unter einander verknüpft. Der zweite in der Reihe trat fehl, stürzte auf den ersten und riß den dritten mit fort, welcher seinerseits den vierten zu Falle brachte. Sie stürzten kopfüber von Fels zu Fels bis zu einer Tiefe von 4000 Fuß. Die drei letzten hatten Zeit, ihre eisenbeschlagenen Alpenstöcke in das Eis zu stoßen und sich mit aller Macht auf dieselben zu stemmen; zu ihrem Glücke zerriß das Seil, so daß sie sich retten konnten, die vier übrigen aber, unter ihnen Lord Douglas, wurden zu Brei zerschmettert.

Das Schmelzen des Schnees bewirkt bisweilen eine Verschiebung des Schwerpunktes der großen Massen, die alsdann an den Seiten des Gebirges herabrollen und mit furchtbarer Gewalt alle die Gegenstände treffen, die sich ihrem stets schneller werdenden Sturze entgegenstellen. Es sind dies die Lawinen, die bisweilen ganze Dörfer zerstören und die friedlichen Bewohner unter den Trümmern begraben. Diese Schneestürze vollziehen sich meistens mit großer Regelmäßigkeit, so daß alte Bergbewohner, welche der Wetteranzeichen kundig sind,

oft aus dem Aussehen der schneebedeckten Flächen die Stunde voraussagen können, wo eine Lawine abgehen wird. Der Weg, den diese Schneemassen einschlagen, ist auf den Flanken der Berge genau verzeichnet; der Schnee, welcher sich von

Lawine.

den oberen Höhen ablöst, gleitet in dem geneigten Bett der Schründe hinab, eilt in langem Streifen abwärts und ergießt sich beim Hinaustreten aus der engen Schlucht über ein weites Trümmerfeld. Die meisten Berge sind auf diese Weise ringsherum von langen senkrechten Furchen gestreift, in welchen zur Frühlingszeit diese gleitenden Massen herabstürzen.

Digitized by Google

Auf steilen Abhängen gleitet der Schnee auch in anderen Jahreszeiten von den Böschungen abwärts, häuft sich an Hindernissen an, sammelt sich an den weniger steilen Stellen und rollt, sobald der sich mehrende Druck ihn in Bewegung setzt, mit Getöse abwärts, um sich in die Tiefe der Schlucht hinabzustürzen. Der Gang der Lawinen ist nothwendigerweise von der Gestalt des Berges selbst abhängig. An jäh abfallenden Böschungen stürzt der Schnee der oberen Terrassen direct in den Abgrund. Im Frühling und Sommer, wo die weißen von der Wärme erweichten Schneebänke sich zu jeder Stunde von den hohen Alpenspitzen ablösen, betrachtet der Wanderer von einem benachbarten Felsvorsprunge aus mit Entzücken diese plötzlichen Katarakten, die sich von der Spitze der höchsten Gipfel in die Schluchten ergießen. Die ungeheure Schneeschicht stürzt wie ein Wasserfall abwärts auf die tiefer liegenden Abhänge; Wirbel von staubartigem Schnee erheben sich hoch in die Luft, und wenn die Wolke sich zerstreut hat und der Gipfel wieder in tiefem Frieden liegt, schallt plötzlich der Donner der Lawine herüber und pflanzt sich als dumpfes Echo in den Windungen der Schlucht fort; man glaubt, die Stimme des Berges selbst zu hören.

Diese Schneestürze treten in den Gebirgen mit großer Regelmäßigkeit auf und haben eine ähnliche Bedeutung, wie das Herabströmen des Wassers in einem Bache, indem sie den Kreislauf des Wassers befördern helfen und somit eine wohlthätige Arbeit vollziehen. Anders ist es mit den außergewöhnlichen Lawinen, die sich in Folge von übermäßigen Schneeanhäufungen, von sehr schnellem Schmelzen oder aus anderen meteorologischen Ursachen bilden; sie bringen ähnlich wie die Ueberschwemmungen austretender Flüsse verheerende Wirkungen hervor, indem sie die Felder auf den unteren Abhängen verwüsten und selbst ganze Dörfer verschütten. Die sogenannten Staublawinen, sagt Reclus, werden von den Bewohnern der Alpen am meisten gefürchtet, nicht blos wegen der Zerstörung, welche sie selbst anrichten, sondern auch wegen der Wirbelwinde, von denen sie oft begleitet sind. So lange die neuen Lagen von Schnee noch nicht an den unteren und älteren Lagern festhaften, genügt bisweilen der Tritt einer Gemse, das Fallen eines Astes, ja selbst das Echo, um das unsichere Gleichgewicht der oberen Decke zu stören. Sie setzt sich langsam in Bewegung, gleitet über die harten Schneemassen hin und stürzt sich an solchen Stellen, wo die Neigung des Bodens ihren Gang beschleunigt, mit wachsender Geschwindigkeit abwärts. Fortwährend vergrößert durch andere Schneelager, durch Felstrümmer und mitgerissene Sträucher, kommt sie über die Böschung herab, überspringt schmale Schluchten, zerknickt die Bäume, reißt die Sennhütten fort und stürzt wie eine zusammenbrechende Bergwand in das Thal, um an dem gegenüberliegenden Hang in die Höhe zu rollen. Rund um die Lawine erhebt sich der staubartige Schnee in mächtigen Wirbeln, links und rechts saust es in der Luft, Windstöße erschüttern

die Felsen und entwurzeln die Bäume. Tausende von Stämmen werden oft blos durch den Wind, den die Lawine erzeugt, umgeworfen, während sie sich selbst einen breiten Weg mitten durch den Wald bricht und ganze Dörfer des Thals begräbt.

Die Wälder, welche oberhalb einzelner Alpendörfer liegen, schützen oft allein diese letzteren gegen die furchtbare Wirkung der Lawinen, weshalb es auch bei strenger Strafe verboten ist, hier einen einzigen Baum zu fällen. Würden diese Wälder durch irgend eine Ursache zerstört, so müßten die ihres Schutzes beraubten Bewohner sich anderweits ansiedeln. An vielen weniger gefährdeten Orten baut man oberhalb der Häuser Steinwälle. Auf einigen neueren Alpenstraßen sind an den gefährlichsten Stellen gewölbte Gallerien angelegt, die einem heftigen Anprall widerstehen können und dem Reisenden Schutz gewähren. Trotz dessen vergeht kein Jahr, in welchem nicht einzelne unglückliche Reisende von Lawinen verschüttet würden.

Digitized by Google

## Viertes Buch.

# Die Strömungen der Luft und des Meeres.

Digitized by Google

## Erstes Capitel.

# Der Wind.

Wir wenden uns jetzt zu der Betrachtung der großen Strömungen, welche die Atmosphäre und das Meer in Bewegung setzen und welche von der nie ruhenden Wirkung der Sonne auf unseren Planeten Zeugniß ablegen. Ohne die Sonne würde die Atmosphäre als eine träge und todte Masse rund um die Erde lagern, kein Lufthauch würde sie bewegen und die verschiedenen Dünste zerstreuen, welche in die Luft aufsteigen; durch die Sonne wird ein ungeheurer Kreislauf hergestellt, der die Luftschichten unaufhörlich erneuert, die Dünste wegfegt, die drückende Hitze durch erquickende Kühle vertreibt, die Winterkälte durch warme Strömungen unterbricht und überall Keime neuen Lebens ausstreut.

Was ist denn nun der Wind? Bei der Beantwortung dieser und der Fragen über Wolkenbildung und Regen kommen wir zu den Cardinalfragen, um welche sich die ganze Wissenschaft der Meteorologie dreht; denn die Luftströmungen und die atmosphärische Feuchtigkeit bilden die beiden Schwerpunkte, um welche der Gang der Witterung und die meteorologische Beschaffenheit der Jahreszeiten und der Jahre schwankt. Legen wir uns daher Rechenschaft ab von der Einrichtung dieser großen Werkstatt, in welcher Gedeihen und Mißrathen der Saaten und damit Glück und Unglück für das Menschengeschlecht bereitet werden. Die Meteorologie wird erst dann den Vergleich mit ihrer älteren Schwester der Astronomie aushalten können, d. h. sie wird erst dann dahin gelangen, die Vorgänge in der Atmosphäre, wie Regen, Sturm und dergleichen, mit derselben Genauigkeit vorherzusagen, mit welcher jene das Eintreffen der Finsternisse vorausverkündigt und überhaupt die Bewegungen der Himmelskörper berechnet, wenn es uns einmal möglich sein wird, die ganze Circulation der Luft, die sich auf dem Erdball vollzieht, mit einem Blicke zu übersehen.

Was also ist der Wind? Nichts anderes, als eine Bewegung der Luft, die durch eine Störung des Gleichgewichtes in der Atmosphäre hervorgerufen worden ist. Die ungleichen Temperaturen, welche stets an verschiedenen Stellen der Atmosphäre herrschen, bewirken, daß die Luft an diesen Stellen ungleiche Dichtigkeit erlangt. Wird die Luft erwärmt, so wird sie leichter und steigt in die Höhe, während nicht erwärmte und daher dichtere Luft herbeiströmt, um die Stelle der ersteren einzunehmen, und so eine Luftströmung erzeugt, welche wir Wind nennen. Nehmen wir einmal an, die Atmosphäre wäre überall vollständig ruhig; wenn nun eine Wolke vor der Sonne vorüberzieht, so wird sich die von der Wolke beschattete Luftmasse abkühlen und daher zusammenziehen. Indem sie sich nun mit der umgebenden Luft ins Gleichgewicht zu setzen sucht, vollzieht sich eine Verschiebung nach der Richtung, welche die Wolke verfolgt, und wir haben somit eine Strömung kühlerer Luft, welche an die Stelle der benachbarten wärmeren und leichteren Luft tritt. Nehmen wir ferner an, die Sonne stände an einem wolkenlosen Himmel gerade in unserem Zenith, so wird sich die senkrecht unter ihr liegende Luft schneller erwärmen, als diejenige, welche nur in schräger Richtung von den Strahlen getroffen wird. Sie dehnt sich daher aus und steigt in die Höhe, während die benachbarte kühlere Luft an ihre Stelle tritt und somit eine atmosphärische Strömung erzeugt.

Die Winde, sowohl die weit verbreiteten als auch die lokalen Luftströmungen beruhen auf nichts anderem, als auf diesem Streben, das Gleichgewicht in der Atmosphäre, welches unaufhörlich durch den Einfluß der Sonne gestört wird, wieder herzustellen. Das Verhalten zweier benachbarter ungleich erwärmter Luftschichten läßt sich im Kleinen durch folgenden von Franklin erdachten Versuch veranschaulichen. Oeffnet man die Thür zwischen zwei ungleich warmen Zimmern, so daß sich eine schmale Spalte bildet, und bewegt eine brennende Kerze von unten nach oben an dieser Spalte entlang, so neigt sich unten am Boden die Flamme in das wärmere Zimmer hinein und zeigt hierdurch einen kalten, unten eindringenden Luftstrom an; in der Nähe der Decke dagegen weist die Spitze der Flamme in das kältere Zimmer und verräth daher hier die Gegenwart eines warmen Luftstromes. In der Mitte der Spalte brennt die Kerze mit aufrechter Flamme, ein Zeichen, daß hier die Luft in Ruhe ist. Zwischen zwei ungleich erwärmten Orten bilden sich daher zwei Luftströmungen, eine kältere, die unten fließt, und eine wärmere, welche oben liegt. Wenden wir dies auf die Erde an, so kommen wir zu dem Schluß, daß wenn ein Theil der Erdoberfläche stark erhitzt wird, die darüber gelagerte Luftsäule in die Höhe steigen und daß unten ein Strom kalter Luft eindringen muß, während die warme Luft oben abfließt.

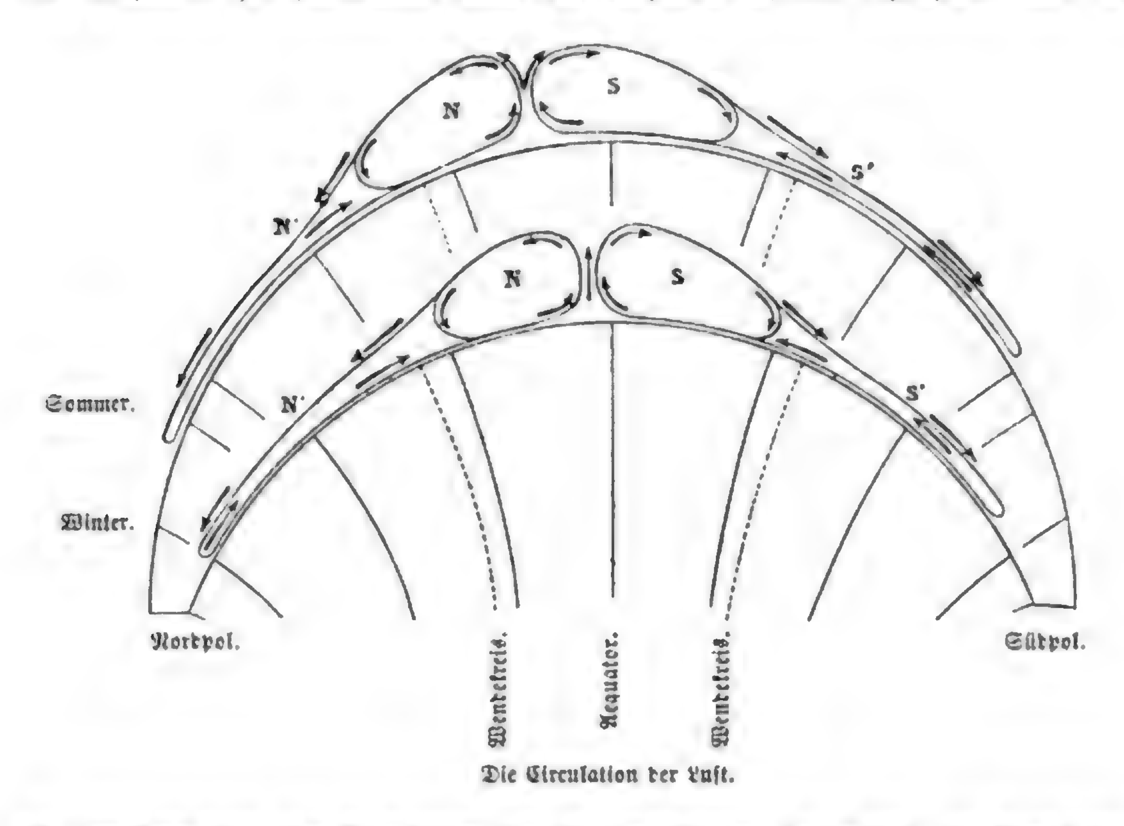
Man kann diese Thatsache mit großer Regelmäßigkeit an einer wärmeren Meeresküste beobachten; hier tritt täglich fast zu derselben Stunde, etwa um 9

Uhr Morgens, der von den Bewohnern mit Sehnsucht erwartete Seewind ein, der bis gegen 6 Uhr Abends anhält und also während des größten Theils des Tages die Atmosphäre abkühlt. Seine Entstehung ist leicht zu erklären. Im Laufe des Tages erwärmen die Sonnenstrahlen das Land stärker als das Meer; sobald dieser Unterschied deutlich hervortritt und das Land erheblich wärmer ist, als die See, muß die erwärmte Luft oben abfließen, während unten die kältere Luft vom Meere herbeiströmt. Allmählig aber hört die erwärmende Wirkung der Sonne auf, und da das Land mehr Wärme ausstrahlt und also rascher erkaltet, als das Meer, so tritt bald Gleichgewicht zwischen beiden Temperaturen ein, und endlich kehrt sich das Verhältniß um, indem jetzt die See wärmer ist, als das Land. Nachdem daher einige Stunden lang Windstille geherrscht hat, stellt sich der Landwind ein, der auf das Meer hinausweht. Diese Strömungen des See- und Landwindes sind bis auf mehrere Meilen von der Küste zu spüren; auf dem hohen Meere dagegen ist ihre Wirkung nicht mehr wahrzunehmen. Ein ähnliches Beispiel wechselnder Luftströmungen bieten die später zu besprechenden Moussons oder Monsune.

In der Aequatorialgegend, wo die Sonne das ganze Jahr hindurch ihre Strahlen fast senkrecht herabsendet, herrscht, wie wir gesehen haben, stets eine höhere Temperatur, als auf der übrigen Erdoberfläche. Mithin muß hier rund um die Erde eine Schicht stark erwärmter und verdünnter Luft in die Höhe steigen und dadurch das Herbeiströmen der Luft aus den benachbarten Breiten veranlassen. Es bildet sich somit auf beiden Halbkugeln ein Luftstrom, der gegen den Aequator hin weht und Passatwind genannt wird. Sobald die aufsteigende Luftschicht eine gewisse uns noch unbekannte Höhe, die wohl mindestens 20,000 Fuß beträgt, erreicht hat, theilt sie sich in zwei andere Schichten, welche als obere oder Gegenpassate nach den Polen hin wehen. Betrachten wir nun diesen Kreislauf der Luft etwas näher.

Von den Wendekreisen aus fließen zwei Luftströmungen gegen den Aequator hin und werden uns, da sie sich in den unteren Regionen der Atmosphäre bewegen, direct wahrnehmbar; haben diese Strömungen eine gewisse Gegend in der Nähe des Aequators, deren Lage sich mit den Jahreszeiten ändert, erreicht, so steigen sie unter der Gluth der Tropen-Sonne empor und fließen in der Höhe der Atmosphäre fast horizontal nach beiden Seiten hin ab. Allmählig senkt sich der Gegenpassat und kommt jenseits des entsprechenden Passates zur Erde, um sich mit diesem zu vereinigen und die Circulation aufs Neue zu beginnen. Indessen ist der Kreislauf der Luft nicht auf diese engen Grenzen beschränkt, vielmehr zieht der Passat fortwährend die Luft von den Polen herbei, und umgekehrt setzt ein Theil des zu Boden gekommenen Gegenpassates seinen Weg nach den Polen hin fort. Da die Ursache, welche diesen Kreislauf hervorruft, ihren

Sitz am Aequator hat, so muß hier die Bewegung mit der größten Regelmäßigkeit vor sich gehen, während bei wachsender Entfernung vom Aequator diese Regelmäßigkeit immer mehr abnehmen muß. In der That wehen in der Aequatorialzone die Passatwinde mit der größten Beharrlichkeit das ganze Jahr rund um die Erde herum, und mit derselben Beständigkeit fließen über ihnen in der Höhe der Atmosphäre die Gegenpassate; dagegen sind jenseits des Wendekreises die Luftströmungen nicht über einander gelagert, sondern fließen neben einander hin. Der kältere vom Pol her wehende Wind wird als Polarstrom, der wärmere vom Aequator her stammende Wind als Aequatorialstrom bezeichnet. Der letztere




Die Circulation der Luft.

ist gewissermaßen ein Ausläufer des Gegenpassates, der erstere ein Vorläufer des Passates. — Wenn die Erde sich nicht um ihre Axe drehte und eine durchweg gleichförmige Oberfläche besäße, so müßten der Passat und der Polarstrom auf der nördlichen Halbkugel als reine Nordwinde, der Gegenpassat und der Aequatorialstrom als reine Südwinde auftreten, während auf der südlichen Halbkugel dies Verhältniß sich umkehren würde. Die Axendrehung der Erde bringt nun eine erhebliche Aenderung in der Richtung dieser Winde hervor. Bei dieser von West nach Ost gerichteten Rotation vollendet jeder Punkt eine Umdrehung in 24 Stunden; allein die Wege, welche die einzelnen Punkte durchlaufen, sind keineswegs gleich, und deshalb sind die Geschwindigkeiten sehr verschieden. Während jeder Punkt des Aequators in einer Stunde 225 Meilen zurücklegt, durchmißt ein in der Breite Dresdens gelegener Ort nur 144 Meilen, und jeder Punkt des 56. Breitengrades

nur 125 Meilen; der Pol selbst bewegt sich gar nicht. Da die Luft an der Axendrehung theilnimmt, so bewegt sie sich an den genannten Orten mit der angegebenen Geschwindigkeit von West nach Ost, ohne daß wir diese Bewegung ebenso wenig wie die Rotation der Erde bemerken, da wir an derselben theilnehmen und uns also in demselben Sinne und mit derselben Geschwindigkeit bewegen. Nehmen wir nun an, daß eine Luftmasse, welche in der Breite von Dresden eine Geschwindigkeit von 144 Meilen erreicht hatte, plötzlich nach dem 56. Breitenkreise versetzt würde, so müßte sie sich mit derselben Geschwindigkeit weiter bewegen und, da die Erdoberfläche hier nur 125 Meilen in der Stunde zurücklegt, als starker Weststurm mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 19 Meilen über die Erde hinfegen. Würde umgekehrt die Luft vom 56. Parallelkreise in die Breite von Dresden versetzt, so würde sie mit der nämlichen Geschwindigkeit als Oststurm dahinsausen. In der Wirklichkeit vollzieht sich dies Verschieben der Luftmassen von einem Breitengrade zum andern nur langsam, und während dieses allmähligen Fortrückens tragen verschiedene Hindernisse zur Ausgleichung beider Geschwindigkeiten bei. Trotz dessen wird der Unterschied nicht ganz aufgehoben, und da der Umfang der Breitenkreise um so schneller abnimmt, je mehr man sich vom Aequator entfernt, so treten die angedeuteten Wirkungen in den mittleren und höheren Breiten um so stärker hervor.

Aus dem Gesagten folgt nun, daß der auf der nördlichen Halbkugel wehende Passat, welcher die Luftmassen nach Süden treibt, durch die Einwirkung der Erdrotation aus einem Nord- in einen Nordostwind abgelenkt werden und daß aus demselben Grunde sich der Gegenpassat aus einem Süd- in einen Südwestwind verwandeln muß. Auf der südlichen Halbkugel wird der Passat zum Südost, der Gegenpassat zum Nordwestwinde.

Wir finden also auf jeder Hemisphäre zwei Kreisläufe der Luft, den directen, welcher sich im Allgemeinen innerhalb der Wendekreise vollzieht, und den durch den ersten hervorgerufenen indirecten Kreislauf, welcher sich bis in die Nähe der Pole erstreckt. Beide bieten wesentliche Unterschiede hinsichtlich der Lage der bewegten Luftmassen. Bei dem directen Kreislauf weht der Gegenpassat hoch über dem unten am Boden hinstreichenden Passatwinde; wegen ihrer großen Entfernung von einander hindern sie sich durchaus nicht in ihrer Bewegung, sondern fließen ungestört in entgegengesetzten Richtungen. Anders ist es mit dem zweiten Kreislaufe. Hier weht der Ausläufer des Gegenpassates ebenfalls an der Erdoberfläche gerade so, wie der zum Aequator ziehende Polarstrom. Beide fließen daher in demselben Niveau nebeneinander und rufen in den Gegenden, wo sie aneinander hinstreifen, zahlreiche und oft gefährliche Erschütterungen der Atmosphäre hervor. Indem ihre Strombetten sich verschieben, bestimmen sie an den einzelnen Orten den Gang der Witterung, wie wir später näher sehen werden.

Zwischen den beiden Passaten liegt die Zone, wo die Sonne die Luft so stark erwärmt, daß sie mit Macht aufsteigt und den seitwärts hineinwehenden Wind mit sich in die Höhe reißt. Es ist dies die Region der Windstillen oder Calmen, welche auf dem atlantischen Ocean zwischen $3^1/_2$ und 8 Breitengraden schwankt und im Allgemeinen 6 Grad beträgt. Da die Region der stärksten Erwärmung nicht immer auf dieselben Punkte der Erdoberfläche fällt, sondern sich während unseres Sommers weiter nach Norden erstreckt und während unseres Winters weiter nach Süden zurückgeht, so kann auch der Calmengürtel nicht unveränderlich an derselben Stelle liegen, sondern muß sich im Laufe des Jahres verschieben. In der That wandern die Calmen im Sommer nach Norden und ziehen sich im Winter nach Süden zurück, und mit ihnen verschieben sich die Passate. Auf dem atlantischen Ocean herrscht der Nordost-Passat im December vom 5. bis zum 22. Breitengrade und liegt daher ganz innerhalb des Wendekreises, wogegen er im Juli beim 12. Grade beginnt und bis zum 32. reicht und also weit über den Wendekreis hinausgeht. In ähnlicher Weise verschiebt sich der Südost-Passat.

Wenn ein Schiff auf dem atlantischen Ocean sich dem Aequator nähert, so wird die Mannschaft von einer gewissen Aengstlichkeit befallen, denn die Seeleute wissen recht gut, daß der günstige Wind, der sie bis hierher begleitet hat, immer schwächer werden und zuletzt ganz aussetzen wird, um anhaltender Windstille Platz zu machen. Nun dehnt sich das Meer rund um sie aus wie ein unermeßlicher Spiegel, und das Fahrzeug, das bisher in raschem Fluge dahinschoß, liegt wie festgenagelt auf der krystallhellen Fluth. Die Sonnenstrahlen brennen senkrecht hernieder auf das Schiff und schaffen der Mannschaft unerträgliche Qualen. Indessen wird die Ruhe oft auf furchtbare Weise unterbrochen. Die Sonne, welche hier zweimal im Jahre scheitelrecht steht, entfernt sich Mittags niemals so weit aus dem Zenith, daß eine erhebliche Abkühlung eintreten könnte. Die glühendheiße Luft strebt beständig als aufsteigender Strom nach oben. Gleichzeitig verdunsten im atlantischen und stillen Ocean ganz ungeheure Massen von Wasser, welche sich in Dampfgestalt der Luft beimischen und mit ihr in die Höhe steigen. Ist die Luft in den hohen Regionen der Atmosphäre angelangt, so kühlt sie sich immer mehr ab, und zwar zuweilen so plötzlich, daß ein großer Theil des mitgeführten Wasserdampfes in die tropfbarflüssige Gestalt zurückkehrt. Solche plötzliche Veränderungen rufen schnell vorübergehendes Unwetter und gewaltige Regengüsse hervor, die oft genug die Ruhe in dem Gürtel der Windstillen unterbrechen.

Man hat directe Beweise für das Vorhandensein des oberen Gegenpassates. Der Capitain Basil Hall hat beobachtet, daß in der Region der Passatwinde die sehr hoch schwebenden Wolken stets in einer Richtung ziehen, welche dem unteren

Winde entgegengesetzt ist. Derselbe Reisende fand am 20. August 1820 auf dem Gipfel des Pic von Teneriffa einen Südwestwind, d. h. einen Wind, der dem am Fuße des Berges wehenden Passate genau entgegengesetzt war. Als Humboldt am 21. Juni 1799 denselben Berg bestieg, herrschte in der Nähe des Kraters ein so heftiger Südwest, daß er sich kaum auf den Füßen halten konnte. Ein anderer Beweis für das Vorhandensein dieses Gegenpassates wurde durch das Niederfallen der Asche, welche von dem Vulkan der Insel St. Vincent stammte und bis Barbados flog, geliefert. Am Abend des 30. April 1822 hörte man auf der Insel Barbados mehrere Explosionen, gleich dem Abfeuern mehrerer Stücke schweren Geschützes; die Garnison des Schlosses St. Anna blieb die ganze Nacht unter Waffen. Am folgenden Morgen war der Meereshorizont im Osten klar und scharf begrenzt; aber unmittelbar darüber begann eine schwarze Wolke, welche den ganzen übrigen Himmel bedeckte und sich bald auch auf den östlichen Theil erstreckte, den die Dämmerung gerade zu erhellen begann. Die Dunkelheit wurde so dicht, daß es unmöglich war, in den Zimmern die Fenster zu unterscheiden, und daß mehrere Personen im Freien weder die Bäume, neben denen sie standen, noch die Umrisse der benachbarten Häuser, noch weiße Tücher, die sie in 15 Centimeter Entfernung hielten, erblicken konnten. Dies Phänomen wurde durch das Herabfallen einer großen Menge vulkanischer Asche veranlaßt, welche von dem Ausbruch eines Vulkans auf der Insel St. Vincent herstammte. Dieser Aschenregen und die durch ihn veranlaßte tiefe Dunkelheit hörte erst gegen ein Uhr Nachmittags auf. Dünne schwanke Bäume bogen sich unter der Last, die Zweige anderer Bäume zerbrachen mit lautem Krachen, was in seltsamer Weise mit der absoluten Ruhe der Atmosphäre contrastirte, die Pflanzen in den Zuckerrohrplantagen waren fast sämmtlich geknickt und die ganze Insel wurde mit einer drei Centimeter dicken Schicht von grünlicher Asche bedeckt. St. Vincent liegt 20 Stunden westlich von Barbados und sein Vulkan hatte diese ungeheure Masse von Asche so weit in die Höhe geschleudert, daß sie durch den Passat hindurch in die Strömung des Gegenpassates gerieth, welche stark genug war, sie so weit mit sich zu führen. Am 20. Januar 1835 verspürte man auf der ganzen Landenge von Mittelamerika das Erdbeben, welches den Ausbruch des Vulkans Coseguina am Nicaraguasee begleitete. Die Detonationen wurden in Jamaika, welches 120 Meilen von Nicaragua entfernt ist, und selbst in Bogota in der Entfernung von 200 Meilen gehört. Der an der Westküste der Conchaguabai gelegene Hafen Union war 43 Stunden lang in vollständige Dunkelheit gehüllt. Zu Kingston und an anderen Orten auf Jamaika fiel Asche herab, wodurch man dort die Gewißheit erhielt, daß die gehörten Explosionen nicht von Kanonenschüssen herrührten. Da Jamaika nordöstlich von Nicaragua liegt, so konnte die Asche nur durch den oberen Passat herbeigeführt werden. Da hier kleine Vulkane wie der Morne-Garou und der

Coseguina eine so große Aschenmenge bis in die Region des Gegenpassates schleuderten, so mußte der Ausbruch mit einer ganz außergewöhnlichen Heftigkeit stattfinden. Dies war auch bei dem Morne-Garou der Fall, denn sein Ausbruch bildet das Ende einer Kette großartiger vulkanischer Erscheinungen, nämlich das Erheben der Insel Sabrina im Juli 1811, die neben San Miguel in den Azoren aus dem 150 Fuß tiefen Meeresgrunde bis zu einer Höhe von 300 Fuß über dem Meeresspiegel aufstieg, — die Monate lang dauernden Erschütterungen am Arkansas und Ohio, endlich die Zerstörung von Caracas am 26. März 1812. Aber erst im Mai gelang es den einen Ausweg suchenden elastischen Kräften, den seit einem Jahrhundert geschlossenen Schlund des Morne-Garou zu öffnen.

Die Existenz des Gegenpassates wurde zuerst von Halley als nothwendige Folge des Passates behauptet. Ohne directe Beweise für seine Behauptung zu haben, glaubte er sich zu derselben berechtigt wegen des fast unmittelbaren Umsetzens des Windes in die entgegengesetzte Richtung, welches fast immer beobachtet wird, wenn man die nördliche Grenze des Passates überschreitet. Für ihn, wie jetzt für alle Meteorologen, ist der südwestliche Aequatorialstrom, der in den gemäßigten Breiten unserer Atmosphäre vorherrscht, nichts anderes als die Fortsetzung eines Theiles von dem herabgesunkenen Gegenpassat. In der Nähe des Aequators liegt der Gegenpassat so hoch, daß man in der Nähe der Calmenregion selbst bei der Besteigung der höchsten Gipfel in den Anden sein Vorhandensein nicht mit Gewißheit hat feststellen können. Da er sich aber immer mehr zur Erde herabsenkt, je mehr er gegen die Wendekreise vordringt, und zugleich in Gegenden mit abnehmender Temperatur gelangt, so bilden sich einige Wolken in der Luft, deren Bewegung seine Richtung deutlich verräth.

Die Passatwinde wurden auf der ersten Reise des Columbus erkannt. Die Regelmäßigkeit des Windes erregte die Besorgniß seiner Begleiter und erzeugte die Furcht, daß sie niemals nach Europa zurückkehren würden; in der That ist es zweifelhaft, ob Columbus nach Spanien zurückgelangt wäre, wenn er nicht, um den Passat zu vermeiden, sich nordwärts gehalten hätte, bevor er nach Osten steuerte. Mit seinen nicht ausreichend verproviantirten und schlecht segelnden Schiffen würde er wahrscheinlich in der ungeheuren Region des Passates mit seiner Mannschaft aus Mangel an Lebensmitteln umgekommen sein. Zur Zeit des Streites über die wirkliche Bewegung der Erde wollten die Copernicaner in den Passatwinden einen Beweis für die tägliche von West nach Ost gerichtete Axendrehung der Erde sehen; in ihren Augen war der Passatwind eine bloße Täuschung; sie meinten, es müsse der von der Erde bei ihrer täglichen Umdrehung mitgeführte Beobachter den Eindruck empfangen, als wehe ein Wind in der der Rotation entgegengesetzten Richtung. Wir haben gesehen, daß diese Erklärung irrig ist, daß vielmehr die Passatwinde einerseits der ungleichen Rotationsgeschwindigkeit

der Luftmassen, andererseits der Verschiedenheit der an der Erdoberfläche herrschenden Temperaturen ihren Ursprung verdanken. Die Theorie über die Bewegung der Erde bedarf dieses angeblichen meteorologischen Beweises nicht.

Das Ringen des oberen und unteren Stromes, die Verschiebung des Ortes, wo der obere herabsinkt und die Erdoberfläche erreicht, ihr gegenseitiges Durchdringen verursachen die hauptsächlichsten Schwankungen des Luftdruckes, die Veränderungen der Temperatur sowie das Herabstürzen der aus Dampf verdichteten Wassermassen, und beeinflussen selbst, wie Dove nachgewiesen hat, die Bildung und die verschiedenartige Form der Wolken. Die Gestalt der letzteren, welche der Landschaft so viel Leben und Reiz verleiht, verkündet uns, was in den Höhen der Atmosphäre vorgeht. Wenn die Luft ruhig ist, so zeichnen die Wolken an dem Himmel eines heißen Sommertages ein „projicirtes Bild" des Bodens, dessen Wärme reichlich gegen den Raum hin ausstrahlt.

Im atlantischen und stillen Ocean erstrecken sich die Passatwinde etwa bis gegen die Wendekreise; im indischen Ocean dagegen treten die Landmassen der Entstehung von regelmäßigen Winden oder Passaten hindernd entgegen. Während südlich vom Aequator in einer gewissen Entfernung von der Küste der Südost-Passat fast mit voller Regelmäßigkeit herrscht, weht auf der nördlichen Halbkugel im indischen Ocean vom April bis zum October ein gegen Vorderindien gerichteter Südwest, und in der anderen Jahreshälfte vom October bis zum April ein gegen Afrika gerichteter Nordostwind. Diese Winde führen den Namen Moussons oder Monsune, welches Wort von dem malayischen Mausim (Jahreszeit) herstammt. Während unseres Sommers, wo die Sonne nördlich vom Himmelsäquator steht, herrscht der Südwest-Monsun, während zur Zeit unseres Winters, wo die Sonne sich auf der südlichen Himmelshalbkugel befindet, der Nordost-Monsun weht. Diese Winde dringen bis in das Innere des Festlandes, wo sie durch die Bodengestaltung beeinflußt werden. Hohe Gebirge namentlich wirken auf die Richtung der Winde und lenken die bewegten Luftmassen parallel zu ihrem eigenen Zuge ab. Die Entstehung dieser periodischen Winde erklärt sich nun folgendermaßen. Im Januar erreicht das mittlere Afrika seine höchste, Asien seine niedrigste Temperatur; der nördliche Theil des indischen Oceans ist wärmer, als das Festland, aber weniger warm, als der südliche Theil dieses Meeres in der gleichen Entfernung vom Aequator. Wir finden daher um diese Zeit in beiden Erdhälften östliche Winde, welche nach den am stärksten erhitzten Gegenden wehen. Vom October bis zum April herrscht daher in der südlichen Hemisphäre der Südost-Passat, während auf der nördlichen Halbkugel der Nordost-Monsun weht. Wenn die Sonne weiter nach Norden rückt, stellt sich allmählig das Gleichgewicht zwischen den Temperaturen des asiatischen Festlandes und des Meeres her, und es giebt daher zur Zeit der Frühlings-Nachtgleiche in der nördlichen Hemisphäre keine beständigen

Winde, vielmehr wechseln veränderliche Winde mit völliger Stille und heftigen Stürmen ab, während auf der südlichen Halbkugel der Südost-Passat auch jetzt anhält. Bei dem weiteren Fortrücken der Sonne nach Norden wird Asien wärmer als das Meer, während die Temperatur von Afrika sinkt. Der Wärmeunterschied beider Continente ruft nun den Südwest-Monsun ins Leben, der vom April bis zum October anhält. Während also auf der südlichen Halbkugel der Südost-Passat das ganze Jahr hindurch anhält, begegnen wir nördlich vom Aequator im Sommer dem Südwest-, im Winter dem Nordost-Monsun.

Wir haben hier nur im Allgemeinen die Richtung dieser periodisch wehenden Winde angegeben, und es sei noch erwähnt, daß auch zwischen dem Festlande von Australien und den gegenüberliegenden Küsten Asiens sich in ähnlicher Weise abwechselnd eintretende Monsune bilden. Schon im fernsten Alterthum begünstigte der Monsun des indischen Oceans, in späterer Zeit von den Alten Hippalus genannt, den ehemals so regen Verkehr zwischen Indien und Aegypten. Als dies letztere Land von seiner Höhe herabstieg, wurde auch der Verkehr mit Indien weniger lebhaft, und die Kenntniß der Monsune gerieth in Vergessenheit.

Man findet auch an manchen andern Küsten ähnliche periodische Winde, die sich mit den Jahreszeiten ablösen und durch die Küstengestaltung bedingt werden; so weht z. B. in Brasilien im Frühling ein Nordost-, im Herbst ein Südwest-Monsun. Auch das Mittelmeer hat seine Monsune, welche die Alten kannten und deren Abhängigkeit von den Jahreszeiten sie durch den Namen „etesische Winde" (von ἔτος, Jahreszeit) bezeichneten. Südlich von dem Becken des Mittelmeeres breitet sich die ungeheure Wüste der Sahara aus. Diese wasserlose, nur aus Sand und Geröll gebildete Fläche erhitzt sich stark unter den fast senkrecht einfallenden Sonnenstrahlen, während das Mittelmeer seine gewöhnliche Temperatur bewahrt. Deshalb bildet sich im Sommer über der Sahara ein mächtiger aufsteigender Luftstrom und fließt in der Höhe nach Norden ab, während an der Erdoberfläche Nordwind herrscht, der noch die Küsten Griechenlands und Italiens in seinen Bereich zieht. Im nördlichen Afrika, in Cairo und Alexandrien findet man im Sommer nur nördliche Winde, und die Seeleute wissen sehr wohl, daß in dieser Jahreszeit die Hinfahrt von Europa nach Afrika weit leichter ist, als die Rückreise. Zu der Rückfahrt von Algier nach Toulon braucht ein Segelschiff durchschnittlich ein Viertel, ein Dampfschiff ein Zehntel mehr Zeit, als zu der Hinfahrt. Der ganze Nordrand der Balearischen Inseln, namentlich Minorcas, wird durch diesen nördlichen Wind bestrichen, welcher dort eine sehr merkliche Verkrüppelung der Vegetation verursacht. Auch in Algier, Marseille und Toulon ist der Nordwind sehr fühlbar. Im Winter dagegen, wo der Sand gewaltig ausstrahlt, ist die Luft über der Wüste kühler, als über dem Meere, und nun spürt man in Aegypten einen sehr kühlen Südwind, der aber lange nicht so stark auftritt, als der Nord-

wind des Sommers. An die regelmäßigen periodischen Winde, die Passate und Monsune, schließen sich die schon oben erwähnten Land= und Seewinde an, welche an den Küsten herrschen und durch die ungleiche Erwärmung von Land und Meer hervorgerufen werden. Auch in Gebirgsgegenden bemerkt man bisweilen periodische Luftströmungen, welche in der Nacht von den Bergen herabwehen, am Tage aber nach dem Gebirge hin gerichtet sind; dieselben werden durch die Gestaltung und Lage des Gebirges in hohem Grade beeinflußt.

Unter den Ursachen, welche zur Entstehung der Winde beitragen, ist ohne Zweifel eine der stärksten die schnelle Verdichtung des Wasserdampfes in der Atmosphäre. Bisweilen fällt namentlich in der Aequatorialgegend in einer einzigen Stunde ein Zoll hoch Wasser auf weit ausgedehnten Landstrecken. Nehmen wir an, daß sich der Regen nur über eine Fläche von 25 Quadratmeilen erstrecke. Wenn der Wasserdampf, welcher verdichtet werden muß, um diese Fläche mit einer einen Zoll hohen Wasserschicht zu bedecken, in der Luft als Gas bei nur 8 Grad Wärme enthalten ist, so würde er einen 100,000 mal größeren Raum einnehmen, als in flüssigem Zustande, d. h. einen Raum, der 25 Quadratmeilen Grundfläche und 8300 Fuß Höhe hätte. So groß würde also der luftleere Raum sein, der durch die Condensation des Wasserdampfes entstanden wäre. Nun befindet sich zwar das Wasser vor dem Eintreten des Regens nicht in reiner Gasform in der Atmosphäre, sondern bildet kleine Bläschen, die in der Luft schweben, allein auch bei dem Uebergang aus diesem Zustande in die Tropfenform muß ein ungeheuer leerer Raum entstehen, der sich nicht ohne die heftigsten atmosphärischen Erschütterungen wieder ausfüllen kann.

Die unausgesetzte Circulation in der Atmosphäre macht es unmöglich, daß an irgend einem Orte eine der für das Leben der Organismen nothwendigen Substanzen, wie Sauerstoff, Wasserdampf u. a. vollständig verschwinde, oder daß eine schädliche Substanz, wie Kohlensäure, sich in gefahrbringender Weise aufhäufe, woraus hervorgeht, daß die Existenz der belebten Natur auf das Engste mit dieser Circulation verknüpft ist.

Diese einfachen Grundzüge, die wir hier von dem Winde und seinen Ursachen entworfen haben, scheinen auf den ersten Blick keineswegs mit dem so launenhaften Gange des Wetters übereinzustimmen, und scheinen dies Vorbild der Veränderlichkeit und der Unbeständigkeit durchaus nicht richtig zu zeichnen. In unseren Breiten, wo veränderliche Winde herrschen, ist allerdings auch das Wetter in hohem Grade veränderlich, nicht aber in dem Gebiete der Passate und der periodischen Winde, und wir können daher die Erdoberfläche in zwei ungleiche Hälften theilen, in die Region der beständigen und der veränderlichen Witterung. So weit der Einfluß der Passate reicht, kann man das Wetter selbst auf sehr lange Zeit vorherbestimmen. In der Mitte dieser Region liegt eine Zone zwischen dem 2. und 4. Grad nördlicher Breite, wo große Hitze und Windstille mit Regen=

güssen und nächtlichen Stürmen abwechseln. Von dort erstreckt sich 6° weit eine zweite Zone, welche die Calmen bei ihrem Wandern erreichen, und wo die angegebenen Verhältnisse nur für den Sommer gelten, während in dem Winter der Passatwind klaren Himmel schafft. Nun folgt die dritte Zone, welche vom 10. bis zum 20. Breitengrade reicht; hier herrscht das ganze Jahr hindurch der Passatwind und schafft einen ewig blauen Himmel, Jahre können vergehen, ohne daß ein leichter Regenguß die Erde erfrischt. Die letzte Zone, welche der Erdhälfte mit beständiger Witterung angehört, reicht bis zum 30. Grade. Hier schafft der Passat einen regenlosen und heiteren Sommer, während der Winter, wo hier der Gegenpassat zu Boden kommt, milde und regnerisch ist, obschon der Regen keineswegs fortwährend anhält. Diese annähernden Angaben der Breitengrade beziehen sich auf die Küsten des atlantischen Meeres nördlich vom Aequator, dem einzigen Orte, wo genügende Beobachtungen gesammelt sind.

In der nun folgenden etwa 25 Breitengrade umfassenden Zone erzeugt das Ringen des Polar- und Aequatorialstromes veränderliches Wetter, welches uns nur deshalb launenhaft und gesetzlos erscheint, weil die Bedingungen, von denen an einem bestimmten Orte das Vorherrschen des einen der beiden Ströme abhängt, so verwickelt sind, daß wir das Gesetz, welches diese Modificationen beherrscht, aus unseren Beobachtungen noch nicht haben ableiten können. Treten wir der Frage näher, so finden wir, daß nach dem oben Gesagten eigentlich nur zwei Winde in der Atmosphäre herrschen, der nach dem Aequator hin wehende Polarstrom und der vom Aequator nach dem Pole zurückkehrende Aequatorialstrom. Betrachten wir jetzt einen Ort, der in der Region des wechselnden Wetters liegt, also in der Breite von Berlin, Wien oder Paris, und nehmen wir an, daß der Polarstrom gerade über ihn hin weht. Wenn der Nordwind durchgedrungen ist, so wird es kalt, der Himmel ist klar und bleibt heiter, während der Wind allmählig nach Osten abweicht und zuletzt zum reinen Ostwind wird. Dieser Ostwind hält so lange an, bis ein anderer ihn ablöst; dies aber kann nur der Aequatorialstrom thun, welcher als Südwind herankommt; das Zusammentreffen beider Strömungen läßt den Wind sofort eine Zwischenrichtung annehmen und verwandelt ihn in einen Südostwind, wobei die warme und feuchte Luft des Aequatorialstromes durch den Polarstrom abgekühlt wird und einen Theil ihrer Feuchtigkeit in der Gestalt von Wolken, Regen oder Schnee absetzt. Allmählig gewinnt der Aequatorialstrom die Oberhand, die Luft wird warm, der Südwind bricht durch und wendet sich langsam nach Westen. Nun löst ihn der Polarstrom wieder ab und das Vermischen beider Ströme ruft unter reichen atmosphärischen Niederschlägen Nordwestwind hervor. Im 3. Capitel werden wir uns mit diesen veränderlichen Winden näher beschäftigen.

Gerade diese Zone des veränderlichen Wetters, die man als am wenigsten

geeignet für die Entwickelung des Menschengeschlechts halten möchte, umfaßt das ganze mittlere Asien, Europa, das nördliche Amerika und den Nordrand Afrikas; in ihr liegt also der Schauplatz, auf welchem sich die Geschichte des Menschengeschlechts abgespielt hat, wo dieses selbst zur höchsten geistigen Entwickelung gelangt ist. Vielleicht existirt ein geheimer Zusammenhang zwischen dieser Erscheinung und der Entwickelung der Pflanzenwelt in diesen Gegenden.

Wir entwarfen soeben eine allgemeine Skizze von dem Gange der Witterung auf der Erde; indessen wird die Allgemeingültigkeit derselben durch viele Ursachen modificirt. Die Erhebung der Länder über den Meeresspiegel, die Ebenen und Gebirge, die Sandwüsten, Wälder und vieles andere üben eine störende Wirkung auf das allgemeine Gesetz aus. Eine Hauptrolle spielt hierbei die Vertheilung von Land und Meer. Wie wir sahen, erhitzt sich das erstere in einer bestimmten Zeit stärker, als das Meer, wogegen dieses, wenn es einmal erwärmt ist, sich weit langsamer abkühlt, als das Land. Die erste Folge hiervon ist, daß die heißeste Zone, die Region der Calmen, nicht zu beiden Seiten des Aequators die gleiche Ausdehnung hat, sondern weiter auf die nördliche landreiche Halbkugel übergreift. Auch in unseren Breiten hat die Vertheilung von Land und Meer einen wesentlichen Einfluß auf das Clima, und wir werden diesen Einfluß später noch eingehender besprechen.

Früher sahen wir, daß die Wärme und ihre in den verschiedensten Richtungen ungleiche Vertheilung das Hauptphänomen ist, um welches sich die übrigen gruppiren und von welchem sie abhängig sind. Aufs Innigste ist damit der Feuchtigkeitsgrad der Luft verbunden. Da nun Wärme und Feuchtigkeit die Grundbedingungen für alles Pflanzenleben sind, so hängt von jenen beiden Hauptbedingungen also auch zum großen Theile die Vertheilung der Pflanzen auf der Erde ab. Und der Pflanze folgt die Thierwelt, da die Pflanzenfresser direct, die Fleischfresser indirect an bestimmte Pflanzenformen gebunden sind. „Das Erste nicht nur Belebende und Erregende, sagt Schleiden, sondern auch das erste Ordnende ist die Sonne, und ihre glänzenden Strahlen sind die Griffel, mit denen sie Licht und Schatten, das glühende Gelb des dürren Sandes und das kühle Grün der feuchten Wiese, mit denen sie die Geographie der Pflanzen und Thiere auf die Erdoberfläche zeichnet, und selbst den Entwurf zu einer ethnographischen Karte für das Menschengeschlecht skizzirt. Schon der Kaiser Aurelian sagte, daß er unter allen den Göttern, welche die welterobernde Roma von den Besiegten entlehnt und in sich versammelt hätte, keinen der Anbetung wahrhaft würdig gefunden habe, als die Sonne, und unter allen Formen des Heidenthums ist gewiß die erhebendste Feier die, wenn der Parse früh Morgens am Ufer des Meeres harrt und bei den ersten Strahlen der Sonne, die über die tanzenden Wellen hinzucken, sich mit dem Antlitz zu Boden wirft, um im stillen Gebet die Wiederkehr des Allbelebenden und Allzeugenden zu begrüßen.“

---

## Zweites Capitel.

# Die Strömungen des Meeres.

Wir sahen, daß die Vertheilung der Wärme über die Erdoberfläche einen regelmäßigen Kreislauf in der Atmosphäre hervorruft. In dem folgenden Capitel werden wir erkennen, daß auch die unregelmäßigen und veränderlichen Winde unserer Gegenden ebenfalls durch die Wärme verursacht werden, und daß sie Gesetzen unterworfen sind, mit deren genauerer Erforschung die Wissenschaft noch beschäftigt ist. Bevor wir aber die großen regelmäßigen Strömungen der Atmosphäre verlassen, müssen wir einen Blick auf die gewaltigen Meeresströmungen werfen, welche ebenfalls ihren Ursprung der alles beherrschenden Wärme verdanken.

Das Meer ist nicht in Ruhe, weder seine Gewässer noch die Luft, die auf ihnen ruht. Eine großartige allgemeine Schwankung der Oberfläche vollzieht sich täglich zweimal unter dem Einfluß der Anziehung des Mondes und der Sonne; es sind dies die Gezeiten, welche als Ebbe und Fluth die Ufer des Oceans abwechselnd bloslegen und bedecken und an den Küsten jenes wechselvolle Bild schaffen, das uns so sehr fesselt. Da diese Bewegung durch astronomische Ursachen hervorgerufen wird, so beschäftigen wir uns nicht weiter mit ihr. Allein das Meer wird auch durch einen meteorologischen Kreislauf belebt, der weit verwickelter ist und den man mit der Circulation des Blutes im Thierkörper vergleichen möchte; es wird von Strömungen durchschnitten, welche von den Polen zum Aequator und vom Aequator nach den Polen fließen, die Gewässer der entferntesten Meere mit einander vermischen, Wärme in die kalten Gegenden tragen, kaltes Wasser nach der heißen Zone führen, den Salzgehalt und die chemische Zusammensetzung der Oceane ausgleichen, und gewissermaßen einen ähnlichen Kreislauf bilden wie das Blut, welches sich im Herzen und den Lungen wieder erneuert, nachdem es Nahrungsstoff an die entferntesten Glieder des Körpers

abgegeben hat. Diese Meeresströmungen erheischen unsere besondere Aufmerksamkeit, und wir werden gleichzeitig die Strömungen der Atmosphäre betrachten, die sie begleiten und vervollständigen, so daß wir bei dieser Besprechung die meteorologischen Gesetze, welche auf dem Meere gelten, feststellen. Beide Arten von Strömungen sind seit etwa 30 Jahren der Gegenstand sehr sorgfältiger Untersuchungen gewesen.

Der Seeverkehr unterscheidet sich auf den ersten Blick von dem Landverkehr durch den Mangel von festen, erkennbaren Straßen. In der That haben die Seefahrer bis auf die jüngste Zeit nicht geahnt, daß die Natur auf der Oberfläche des Meeres zahlreiche, bestimmte Straßen vorgezeichnet hat. Allerdings war die Beständigkeit der Monsune und das periodische Abwechseln dieser Winde auf dem rothen und indischen Meere eine den Alten bekannte und von ihnen benutzte Erscheinung; als der Astronom Hippalus, der zur Zeit des Kaisers Claudius gelebt haben soll, das Wechseln der Monsune erkannte, hatten die arabischen Seeleute schon seit mehreren Jahrhunderten von diesen Winden Vortheil gezogen und durch das Verheimlichen ihrer Kenntniß derselben den Handel mit den Gewürzen und Parfumerien Ceylons, die sie als arabische Producte verkauften, ganz in ihrer Hand behalten. Die Entdeckung des Hippalus bewirkte für die Europäer, welche im Beginne unserer Zeitrechnung lebten, eine wahre Revolution in der Seeschifffahrt. Eine ähnliche, aber weit tiefer greifende Verbesserung im maritimen Verkehr ist in unseren Tagen durch Maury, den Director des Observatoriums zu Washington, geliefert worden. In Folge ihres ausgebreiteten Handels und der Lage ihres Landes, welches von zwei großen Oceanen bespült wird, waren die Amerikaner mehr wie jedes andere Volk bei der Auffindung kürzerer Seewege interessirt. Um eine solche zu ermöglichen, mußte man die Tausende von Wegen, welche Millionen von Seeleuten befuhren, unter einander vergleichen. Durch diese ungeheure Arbeit ist es gelungen, für den ganzen Erdkreis etwas Aehnliches zu thun, was Hippalus für den kurzen Weg von Aegypten nach Tapobrane gethan hatte.

Lange Zeit glaubte man, daß die großen von den Seefahrern früherer Jahrhunderte gewiesenen Wege die allein vortheilhaften wären, und dachte nicht daran, dieselben nach den Gesichtspunkten zu ändern, welche eine Vergleichung der gesammelten Erfahrungen hätte liefern können. Als aber die Anwendung der Dampfkraft die Vortheile eines schnellen Waarenumsatzes gezeigt und den Werth der Zeit zu richtigerer Würdigung gebracht hatte, wendete sich naturgemäß die Aufmerksamkeit der Aufsuchung besserer Verkehrsstraßen zu. Während ein vom Winde weniger abhängiges Dampfschiff auf dem kürzesten Wege seinem Bestimmungsorte zueilen kann, ist ein Segelschiff in hohem Grade von den Luftströmungen abhängig und thut oft gut daran, von dem kürzesten Wege abzuweichen. Das beste Mittel, die

Fahrt eines Segelschiffes so viel wie möglich abzukürzen, beruht darauf, die größtmöglichste Menge günstiger Winde aufzusuchen, ohne sich gar zu weit von dem geraden Wege zu entfernen. Die auf dem Meere von den Seeleuten angestellten Beobachtungen sind lange Zeit ohne Nutzen für die Wissenschaft geblieben; als Maury sie sammelte, haben sie in wenigen Jahren zu der vollständigen Kenntniß des Kreislaufes der Gewässer und der Atmosphäre geführt. Gleichzeitig haben sie es ermöglicht, lange Fahrten um ein Viertel, oft um ein Drittel der Zeit abzukürzen und dadurch jährlich eine ungeheure Ersparniß in dem maritimen Verkehr eintreten zu lassen.

Um die Bedeutsamkeit seines Unternehmens recht zur Anschauung zu bringen, concentrirte Maury zunächst seine ganze Thätigkeit auf das Studium einer einzigen Fahrstraße, nämlich der von den Vereinigten Staaten nach Rio Janeiro. Es gelang ihm, hier einen Weg anzugeben, welcher sich in weit kürzerer Zeit zurücklegen ließ, als die von den Seeleuten sonst eingeschlagene Straße. Der „Wright", der zuerst den Anweisungen Maurys folgte, legte die Fahrt in 24 Tagen zurück, während gewöhnlich 41 Tage zu derselben erforderlich waren, so daß der Zeitgewinn mehr als 40 Procent betrug. Die Fahrt von den Vereinigten Staaten nach Californien, welche früher 180 Tage erforderte, wurde durch Maurys Anweisungen später auf 135 Tage verkürzt, ja viele schnellsegelnde Klipper legen sie jetzt in 100 Tagen zurück. Ein interessantes Resultat ergab die Untersuchung über die vortheilhafteste Fahrt von England nach Australien. Ein nach den alten Instructionen segelndes Schiff gebraucht zur Hin- und Herfahrt von England nach Sydney 250 Tage; Maury zeigte nun, daß es weit vortheilhafter sei, statt auf demselben Wege zurückzukehren, eine vollständige Umschiffung der Erde auszuführen, so daß man von England aus um das Cap der guten Hoffnung steuern und beim Rückwege das Cap Horn umfahren müßte. In der That legen die Schiffe diesen freilich erheblich weiteren Weg in nur 130 Tagen zurück und ersparen also fast die Hälfte der Zeit. Die Summen, welche durch diese Verkürzung der Fahrzeit an Sold, Proviant rc. dem Handel erspart werden, sind ganz ungeheuer und belaufen sich allein für England auf mehrere Millionen Pfund Sterling, ganz abgesehen von dem Vortheile, den der schnellere Umsatz der Waaren bringt. Seitdem auf dem Congresse, welcher im Jahre 1853 in dieser Angelegenheit zu Brüssel tagte, diese Resultate constatirt und die Wichtigkeit und der Nutzen solcher Forschungen in das hellste Licht gestellt worden sind, ist fast jedes größere, auf weiterer Fahrt begriffene Schiff ein schwimmendes Observatorium geworden, auf welchem bei Tage und bei Nacht alle die Vorgänge verzeichnet werden, welche zu einer genaueren Kenntniß der Strömungen in der Atmosphäre und dem Meere führen können. Hierdurch ist es gelungen, ein allgemeines Bild von der Vertheilung der Winde auf der Erdoberfläche zu gewinnen.

Betrachten wir nun den Kreislauf, den die Gewässer unter der Einwirkung der Wärme vollführen. Wir pflegen die Wassermassen der Erde in fünf große Oceane zu theilen, die beiden Polarmeere, den atlantischen, stillen und indischen Ocean. Der letztere liegt fast gänzlich auf der südlichen Halbkugel, während sich der atlantische und der stille Ocean über beide Hemisphären erstrecken. Theilen wir jeden derselben noch in eine nördliche und südliche Hälfte, so haben wir im Ganzen sieben große Wasserbecken, in denen wir die warmen und kalten Strömungen vom Aequator zum Pol und umgekehrt zu betrachten haben. Solche Strömungen üben auf das Clima der von ihnen bespülten Länder einen höchst bemerkenswerthen Einfluß aus, wie man ihn nicht vermuthet, wenn man eine gewöhnliche Karte, auf der diese Strömungen nicht angegeben sind, betrachtet. Wir wollen uns vorzugsweise mit dem Kreislauf beschäftigen, den die Gewässer des nördlichen atlantischen Oceans vollführen, weil diese Meeresregion uns am besten bekannt ist und täglich von Tausenden von Schiffen auf der Fahrt nach Nord- und Mittelamerika durchschnitten wird.

In der Aequatorialgegend werden die Gewässer des atlantischen Oceans unaufhörlich nach Westen, also gegen die Küsten des tropischen Amerika getrieben. Dieser gewaltige Strom von 30 Grad Breite, der zu zwei Dritteln auf der nördlichen, zu einem Drittel auf der südlichen Halbkugel liegt, bricht sich an den Küsten der neuen Welt. In Folge der Gestalt Amerikas, dessen östlichster Punkt weit südlich vom Aequator liegt, richtet sich der bei weitem größte Theil der Wassermassen dieses Stroms nach dem Golf von Mexiko, dessen gekrümmter Küste er folgt, um ihn bei der Südspitze von Florida zu verlassen und an der Küste der Vereinigten Staaten nach Norden abzufließen. Dieser in der heißen Zone gelegene Golf ist rings von Gebirgsländern umgeben, welche hier die Sonnenstrahlen wie in einem ungeheuren Trichter concentriren und die Wärme dieser glühendheißen Gegend noch vermehren. Aus diesem Kessel bricht der Aequatorialstrom hervor. Er stürzt sich durch die Meerenge von Florida und bildet hier eine heftige Strömung von 1000 Fuß Tiefe und 8 Meilen Breite. Seine warmen, salzigen Gewässer sind indigoblau und zeichnen sich von dem grünlichen Ufer ab, welches durch die Wogen des Meeres gebildet wird. Diese ungeheure Wassermasse eilt mit einer stündlichen Geschwindigkeit von mehr als einer Meile dahin, ohne sich mit dem Ocean zu vermischen. Das Wasser des Golfstroms bildet zwischen zwei flüssigen Seitenwänden eine bewegliche dachförmige Wölbung, die über der Fläche des Meeres ruht und jeden hineingeworfenen Gegenstand nach den Seiten hin ausstößt. So ist der Golfstrom ein großer Fluß mitten im Ocean; „er versiegt nie, sagt Maury, wenn sonst Alles verdorrt, er tritt nicht aus seinen Ufern, wenn auch die mächtigsten Fluthen ihn schwellen. Seine Ufer und sein Grund bestehen aus kaltem Wasser, der Golf von Mexiko ist seine Quelle und seine Mündung

liegt im arktischen Meere. Es giebt in der Welt keinen Strom, der ihm an majestätischer Größe gleich käme, seine Strömung ist reißender, als die des Mississipi und des Amazonenstromes, und die Wassermasse dieser beiden Ströme beträgt nicht den tausendsten Theil der Wassermenge, welche er fortführt." Mit Hülfe des Thermometers kann der Seemann die große Strömung verfolgen; taucht man das Instrument an den Rändern der Strömung in das Wasser innerhalb und außerhalb, so weichen seine Angaben um 12 Grad von einander ab.

Als reißende Strömung fließt der Golfstrom nach Norden, indem er der Küste Nordamerikas bis zu der Bank von Neufundland folgt. Hier erleidet er einen gewaltigen Zusammenstoß mit einem Strome kalten Wassers, der aus dem nördlichen Polarmeere stammt und Eisberge mit sich führt, die wahren Gebirgen gleichen und so gewaltig sind, daß einer derselben von mehr als 20,000 Tonnen Gewicht das Schiff des Lieutenant Haven 70 deutsche Meilen weit nach Süden führte. Das warme Wasser des Golfstroms schmilzt diese schwimmenden Massen, die Eisberge zergehen und die Erdschollen, Felsblöcke und Gesteinstrümmer, die sie mit sich führten, versinken in das Meer. Von Neufundland aus wendet der Golfstrom sich nach Osten und sendet, wenn er in der Nähe von Europa angekommen ist, einen großen Theil seiner Gewässer nach dem Eismeer hin längs der Küsten von Irland, Schottland und Norwegen; ein anderer Ast wendet sich in der Breite von Spanien nach Süden, um sich mit der großen tropischen Strömung in der Höhe von Mittel-Afrika zu vereinigen und mit dieser den Kreislauf aufs Neue zu beginnen. Schwimmende Flaschen, welche die Seeleute in das Meer warfen unter Angabe der Zeit und des Ortes, wo sie dem Ocean anvertraut wurden, haben gezeigt, daß dieser Kreislauf von 3000—4000 Meilen Länge etwa in $3^1/_2$ Jahren vollendet wird. In der Tropenzone halten die Winde fast dieselbe Richtung ein, wie die Meeresströmungen, indem die Passate die Luft von Afrika nach Amerika treiben, gerade wie die Meeresströmungen das Wasser. Aehnlich ist es nördlich vom Wendekreise; zwischen den Vereinigten Staaten und Europa treibt der Golfstrom das Wasser nach Osten, gerade wie der Aequatorialstrom nach Europa hinüberweht, woraus folgt, daß die Ueberfahrt von Nord-Amerika nach England oder Frankreich kürzere Zeit in Anspruch nehmen muß, als die Reise in entgegengesetzter Richtung.

Bevor wir die Strömungen in den anderen Meeren betrachten, welche denen des atlantischen Oceans gleichen, wollen wir die Erscheinungen, welche diese letzteren charakterisiren, näher besprechen. Die tropischen Gewässer bewegen sich bei ihrem Laufe von Afrika nach Amerika unter der Gluth einer senkrecht stehenden Sonne und erwärmen sich unaufhörlich, auch noch nach ihrem Eintritt in den mexikanischen Busen; sie fließen nun durch den Bahama-Canal, wo sie einen reißenden Strom bilden, der an der Küste Nord-Amerikas bis zu der Bank von Neufundland hin-

zieht. Dort wendet sich der Strom nach Osten, bewahrt aber noch den Ueberschuß von Wärme, den er seinem tropischen Ursprunge verdankt, und wird so zu einem der großen Wege, auf denen die Natur die Wärme über den Erdball verbreitet, indem die Gewässer die von der Sonne über die Aequatorialgegend ausgegossene Wärme nach nördlicheren Regionen führen. Je weiter der Strom vordringt, um so mehr verliert er an Wärme, die er an die Atmosphäre und an das Wasser des Oceans abgiebt. Indem nun der eine Arm des Stroms westlich von Irland und Norwegen dem Polarmeere zueilt, läßt der andere Arm Spanien und Nord-Afrika zu seiner Linken und vermischt sich wieder mit dem tropischen Strome, um sich aufs Neue mit Wärme zu beladen und dieselbe in die nördlicheren Breiten zu tragen. Der Wind führt diese Wärme der See nach dem Lande. Wir sahen oben, daß in Europa der West- und Südwestwind vorherrscht, und es müssen daher diese Winde, welche einen Strom warmen Wassers zur Grundlage haben, demselben Wärme entlehnen und in Europa weit wärmer eintreffen, als es der Fall sein würde, wenn das Meer die seiner geographischen Breite entsprechende Temperatur hätte. Um sich hiervon zu überzeugen, braucht man nur das Clima Frankreichs und Englands mit dem Clima der amerikanischen Ostküste in gleicher Breite zu vergleichen. Keine Meeresströmung verdient ein genaueres Studium in dem Grade, wie der Golfstrom, keine hat größere Wichtigkeit für den Welthandel und größeren Einfluß auf die climatischen Verhältnisse; ihm verdanken England, Frankreich und die angrenzenden Länder zum großen Theil ihr mildes, dem Ackerbau so sehr günstiges Clima, und somit einen Theil ihres Reichthums und ihrer Macht.

In Folge der Rotation der Erde und der Gestaltung der Küsten hält der Strom eine fast genau nordöstliche Richtung ein, ohne sich an den vorspringenden Theilen der Küste zu brechen. In der Breite von New York und des Cap Code weicht er immer weiter nach Osten ab und wendet sich, die amerikanischen Küsten verlassend und den atlantischen Ocean quer durchsetzend, gegen die Küsten des westlichen Europa. „Wenn eine Riesenkanone, sagt Maury, im Stande wäre, vom Bahama-Canal aus ihre Kugeln bis nach dem Nordpol zu schießen, so würden diese Geschosse fast genau die Curve des Golfstroms beschreiben, und langsam von ihrem nach Norden gerichteten Wege abweichend in westlicher Richtung Europa erreichen."

Zwischen dem 43. und 47. Breitengrade begegnet der aus Südwesten kommende Golfstrom in der Nähe der Bank von Neufundland der vom Eismeer herabziehenden Polarströmung. Die Linie, welche die beiden oceanischen Strömungen scheidet, ist nicht constant, sondern verschiebt sich mit den Jahreszeiten. Vom September bis zum März drängt die kalte Strömung den Golfstrom nach Süden, denn während des Winters schiebt sich das ganze System des Kreislaufes über

dem atlantischen Meere, die Winde, der Regen und die Meeresströmungen, gegen die südliche Halbkugel hin, über welcher jetzt die Sonne steht; vom März bis zum September dagegen hat der Golfstrom seinerseits die Oberhand und drängt die Grenze, an welcher er mit der polaren Strömung zusammentrifft, weiter nach Norden. Nachdem die Gewässer dieser letzteren sich gegen die des Golfstroms gestoßen haben, fließen sie zum großen Theile nicht mehr an der Oberfläche des Meeres, sondern sinken in die Tiefe hinab wegen der größeren Dichtigkeit, welche ihnen die niedrigere Temperatur verleiht. Man kann die Richtung dieser Gegenströmung, welche der des Golfstroms genau entgegengesetzt ist, an den Eisbergen erkennen, welche die Wärme noch nicht geschmolzen hat und die mit ihrer Basis in die unten fließende Strömung eintauchend dem Golfstrom entgegen nach Südwesten treiben. Weiter nach Süden hin erkennt man mit Hülfe herabgesenkter Thermometer und anderer Instrumente die Existenz dieser unterseeischen Strömung, deren kaltes Wasser dem aus dem mexikanischen Meerbusen hervorbrechenden warmen Strome als Bett dient; sie senkt sich nun immer tiefer bis zum Bahama-Canal, wo das Thermometer sie in einer Tiefe von 1200 Fuß nachweist.

Das Seitenstück zum Golfstrom bildet im stillen Ocean eine warme Strömung, die von den Küsten Chinas und Japans nach Norden zieht und von den japanischen Geographen schon seit langer Zeit unter dem Namen Kuro-Siwo d. h. schwarzer Fluß verzeichnet ist, ohne Zweifel wegen der tiefblauen Färbung des Wassers.

Die Wärmemenge, welche der Golfstrom den nördlichen Breiten zuführt, macht einen sehr beträchtlichen Theil des in der heißen Zone im Wasser aufgespeicherten Wärmevorraths aus. Könnte man sie in einem Punkte sammeln, so würde sie hinreichen, ganze Berge von Eisen zu schmelzen und einen Strom geschmolzenen Metalls zu erzeugen, der dem Mississippi an Mächtigkeit nichts nachgäbe; sie würde auch hinreichen, um die ganze über Frankreich und England ruhende Luftmasse von der Wintertemperatur auf die Sommerwärme zu bringen. Trotz der nördlichen Lage ist es in Irland unter dem 52. Breitengrade ebenso warm wie in Nord-Amerika unter dem 38. Grade.

Der Golfstrom, der die Wärme der Aequatorialgegenden in die gemäßigte Zone führt, dient auch sehr oft den Stürmen als Straße; daher rühren die Namen Weatherbreeder (Wettermacher) und Stormking (Sturmkönig), welche ihm gegeben werden. Die Bewegungen des Luftmeeres und des Wasseroceans vollziehen sich so gleichlaufend, daß man glauben möchte, in den Luft- und Meeresströmungen dieselbe Erscheinung zu sehen. So scheint der Golfstrom auch in Bezug auf die Winde der große Vermittler zwischen der alten und neuen Welt zu sein, wie er es in Bezug auf die Gewässer ist. Er führt den Meeren des nördlichen Europas die salzigen Wasser der antillischen See zu, er trägt die Wärme der Tropen mit

sich, um sie den gemäßigten Breiten zu spenden, er weist den Gewittern den Weg, welche die Orkane der Antillen entfesseln. Er ist die große Schlange der alten Skandinavier, die ihren ungeheuren Ring durch den Ocean rollt, hier und da ihr Haupt über die Küste emporreckt, und bald eine sanfte Brise herhaucht, bald Blitz und Donner ausspeit.

In den südlichen Meeren kennen wir die Strömungen weit weniger, auch scheinen sie dort nicht so stark entwickelt zu sein, als auf der nördlichen Halbkugel. Aehnlich wie im nördlichen atlantischen Ocean die äquatoriale Strömung, die in den Golf von Mexiko hineinzieht und aus ihm nach Norden fließt, in den höheren Breiten einen Zweig absendet, der an die Ausgangsstelle unter dem Aequator zurückkehrt, zieht ein anderer kleinerer Theil der ursprünglichen Aequatorialströmung von dem Cap St. Roque, dem östlichsten Punkte Südamerikas, nach Süden, folgt der Ostküste dieses Welttheils, wendet sich dann quer durch den atlantischen Ocean nach Osten, gelangt in die Nähe von Südafrika und fließt nun nach Norden, um sich mit dem südlichen Theil der äquatorialen Strömung zu vereinigen, wie sich der Golfstrom mit dem nördlichen Theile vermengt. Abgesehen von der Mächtigkeit, gleicht diese warme von Südamerika nach Afrika in östlicher Richtung, ziehende Strömung ganz dem Golfstrom; vergleicht man die von beiden bewegten Wassermassen, so erkennt man sofort, daß die nördliche Halbkugel in Bezug auf die Wärme der südlichen gegenüber entschieden begünstigt ist, indem der Golfstrom 5 bis 6 mal mächtiger ist, als die Strömung im südlichen atlantischen Ocean.

Im stillen Meer geht eine ähnliche äquatoriale Strömung von der Westküste Amerikas aus und bricht sich an Neuholland, den Sunda-Inseln und Hinterindien. Ein Theil dieses Stroms durchzieht in westlicher Richtung den indischen Ocean, während ein anderer Theil als warmer Strom nach Norden fließt und sich dann ostwärts wendet, um den Districten von Californien und Oregon ein Clima zu verleihen, welches fast dem Clima Europas gleichkommt. Im südlichen Theile des stillen Oceans ist die Strömung ebenfalls weniger mächtig, als im nördlichen Theile; mithin muß die ganze nördliche Halbkugel ein viel milderes Clima besitzen, als die südliche, wie denn, um nur ein Beispiel anzuführen, das ewige Eis der Polarregion im Norden etwa erst bei dem 80. Breitengrade beginnt, während es sich auf der südlichen Halbkugel bis zu dem Polarkreise erstreckt.

Der nördliche und südliche atlantische Ocean, das nördliche und südliche stille Meer und der indische Ocean haben also jeder ein Stromsystem, deren wichtigstes im nördlichen atlantischen Ocean liegt. Auch die Eismeere scheinen von warmen Strömungen durchschnitten zu werden, welche im Allgemeinen westliche Richtung haben. Im nördlichen Eismeer kann man dieselbe als einen letzten Ausläufer des Golfstroms betrachten, welcher Norwegen umströmt.

Die Circulation des Meeres wird durch unterseeische Strömungen vervollständigt, welche namentlich in Meerengen sehr deutlich auftreten. So muß eine solche das Wasser des Mittelmeeres in den atlantischen Ocean führen, wie sich schon aus theoretischen Betrachtungen folgern läßt. Da nämlich durch die Meerenge von Gibraltar jährlich etwa 12 Billionen Kubikmeter salziges Wasser einströmen und die Flüsse etwa eine Billion Kubikmeter süßes Wasser in dies große Becken ergießen, auf der Oberfläche aber nicht mehr als zwei Billionen Kubikmeter verdampfen, so müßte ein jährlicher Zuwachs von elf Billionen Kubikmetern stattfinden und der Wasserspiegel daher fortwährend steigen, wenn nicht eine unterseeische Strömung das Gleichgewicht wieder herstellte. Dieser Schluß wird durch ein interessantes Factum bestätigt. Gegen Ende des siebzehnten Jahrhunderts wurde eine holländische Brigg von dem französischen Kaper Phönix erreicht und durch eine einzige Salve in den Grund gebohrt. Allein das mit Oel und Alkohol beladene Schiff sank nicht bis zum Grunde des Meeres, sondern blieb in geringerer Tiefe gewissermaßen im Wasser schweben; es trieb nach Westen und strandete nach 2 oder 3 Tagen bei Tanger, mehr als 6 Meilen von dem Orte, wo es gesunken war. Es war also durch eine unterseeische Strömung dem an der Meeresoberfläche herrschenden Strome entgegen fortgeführt worden. Diese Thatsache beweist auf das Deutlichste das Vorhandensein einer unteren Strömung, welche sich durch die Meerenge von Gibraltar in den atlantischen Ocean ergießt. Maury hält es für gewiß, daß ein ähnlicher unterseeischer Strom südlich vom Cap Horn nach Westen zieht und den Wasserüberschuß des atlantischen Oceans in das stille Meer führt. In den ersteren münden die meisten und größten Ströme der Erde, während der stille Ocean nur wenige große Flüsse aufnimmt und im Gegentheil einen ungeheuren Verlust durch die Verdunstung erleidet.

Mehrere untere Strömungen hat man dadurch nachgewiesen, daß man einen mit Blei beschwerten und an einer Leine befestigten Holzklotz mehrere hundert Faden tief versenkte, während das andere Ende der Leine an eine leere Tonne geknüpft war, welche das gänzliche Versinken verhinderte. Oft genug sieht man eine solche Tonne gegen Wind und Wellen mit der Geschwindigkeit von mehr als einem Knoten fortschwimmen, als wenn das Ganze durch ein verborgenes Meerungeheuer erfaßt wäre und fortgezogen würde. Die Geschwindigkeit der Tonne ist offenbar gleich dem Unterschiede der unteren und der oberen Strömung. Im Jahre 1773 kreuzte das Schiff des Capitain Deslandes in dem Meerbusen von Guinea; eine starke in den Golf hineinziehende Strömung verhinderte ihn, seine Fahrt nach Süden fortzusetzen. Als er nun in der Tiefe von 15 Faden einen Gegenstrom entdeckte, half er sich in einer sinnreichen Weise. Er versenkte einen aus mehreren Tonnen zusammengesetzten Apparat, der eine sehr große Oberfläche besaß, bis in die untere Strömung, welche nun den Apparat mit solcher Gewalt

fortriß, daß das Schiff mit einer Geschwindigkeit von einer Seemeile in der Stunde fortgeschleppt wurde. Im antillischen Meer können die Fahrzeuge sich in ähnlicher Weise mitten in einer oberen Strömung auf ihrer Stelle erhalten. Im Sund ist seit langer Zeit eine obere und eine untere Strömung bekannt.

Die mittlere Temperatur der Meeresoberfläche weicht sehr wenig von derjenigen der Luft ab, wenn nicht warme Strömungen ihren störenden Einfluß geltend machen. In der Tropenzone scheint die Oberfläche der See ein wenig wärmer zu sein, als die Luft. Untersucht man die Temperatur in verschiedenen Tiefen, so gelangt man zu folgenden Resultaten. Zwischen den Wendekreisen nimmt die Wärme mit der Tiefe ab, während sie in dem Polarmeer mit der Tiefe zunimmt. Zwischen dem 30. und 70. Breitengrade nimmt die Temperatur nach unten hin um so weniger ab, als die Breite wächst, und in der Nähe des 70. Grades zeigt sich bereits eine Zunahme. Mithin muß es eine Zone geben, in welcher die Temperatur von der Oberfläche bis zu großer Tiefe hin fast constant ist. Der ungleiche Druck, welchen Schichten desselben Niveaus am Aequator und in der Nähe der Pole auszuhalten haben, verursacht Strömungen, die ohne Zweifel in hohem Grade zu dieser Vertheilung der Wärme beitragen. Es scheint sicher zu sein, daß an der Oberfläche des Meeres eine allgemeine obere Strömung das warme Wasser der Aequatorialgegend nach den Polen treibt, und daß eine untere Strömung das kalte Wasser der Polarzone nach dem Aequator zurückführt; allein diese Strömungen werden durch eine Menge von Ursachen, die von der Tiefe und der Gestalt der Meeresbecken, sowie von den herrschenden Winden und der Ebbe und Fluth abhängen, so stark beeinflußt, daß sie wenig hervortreten. In sehr tiefem Wasser findet man überall die Temperatur zu $3^1/_2$ Grad, bei welcher das Wasser am dichtesten ist. Unter dem Aequator liegt diese Schicht in der Tiefe von 6700 Fuß, in der Polarzone, wo das Wasser an der Oberfläche kälter ist, findet man diese Temperatur in der Tiefe von 4300 Fuß. Mithin trennt die Linie, unter welcher das Wasser an der Oberfläche $3^1/_2$ Grad warm ist, die Region, wo die Temperatur der Meeresoberfläche nach unten hin zunimmt, von derjenigen Zone, wo eine Abnahme bei wachsender Tiefe erfolgt.

Der Salzgehalt des Meerwassers ist an den einzelnen Orten der Erde sehr verschieden und beeinflußt ohne Zweifel in hohem Grade die Dichtigkeit des Wassers und deshalb auch die Entstehung von Meeresströmungen.

## Drittes Capitel.

# Die veränderlichen Winde.

Nachdem wir die regelmäßigen und periodischen Strömungen der Luft und des Meeres betrachtet haben, wollen wir unsere Aufmerksamkeit den veränderlichen Winden, die in unseren Breiten wehen, zuwenden. Ihre Unregelmäßigkeit und Gesetzlosigkeit ist nur scheinbar, denn in der Natur giebt es keinen Zufall, und jedes Luftmolecul gehorcht bei der Verschiebung, die es erleidet, unwandelbaren Gesetzen, die ebenso unumstößlich sind, als diejenigen, welche die Weltkörper in ihren Bahnen lenken. Versuchen wir, einiges Licht in das Chaos der großen Zahl von Winden zu bringen, die sich in unseren Breiten einander ablösen, und spüren wir den Kräften nach, die bei diesem bunten Wechsel thätig sind.

Jenseits der schwankenden Grenzen, innerhalb derer die Passate und die periodischen Winde beider Halbkugeln wehen, breiten sich die gemäßigten Zonen als Sitz der wechselnden Winde aus. Europa gehört ganz zu dieser Region und die Luftmassen strömen hier bald in der einen, bald in der anderen Richtung. Bald herrscht ein einziger Wind mehrere Wochen lang, bald wechselt die Windrichtung mehrmals in wenigen Stunden, bald herrscht vollkommene Windstille und kein Lüftchen bewegt die Blätter der Zitterpappel. So gilt denn das Instrument, mit welchem wir die Richtung des Windes bestimmen, die Windfahne, seit langer Zeit als Symbol der Unbeständigkeit und des Wankelmuths. Indessen hat auch die Unbeständigkeit ihre Ursachen und oft ist sie mehr scheinbar, als wirklich. Die bei uns herrschenden Winde, die uns so veränderlich und launenhaft erscheinen, werden uns Regeln erkennen lassen, denen sie gehorchen.

Der Gegenpassat, der, wie wir oben sahen, vom Aequator zum Pol weht, ändert seine für unsere Halbkugel ursprünglich südliche Richtung und wendet sich ganz allmählig nach Südwest in dem Maße, als er in höhere Breiten vordringt.

Gleichzeitig verliert er an Wärme, wird deshalb schwerer und senkt sich allmählig herab. Unter dem 30. Breitengrade ist er dem Erdboden schon nahe und erreicht denselben in der Breite des südlichen Europa. In der That ist diese äquatoriale Strömung in ganz Europa vorherrschend, und so finden wir in der bunten Mannigfaltigkeit der Winde schon einen, der als Ausläufer des herabgesunkenen Gegenpassates regelmäßig ist und der den allergrößten Einfluß auf die meteorologischen Erscheinungen unserer Hemisphäre ausübt. Wie die große Meeresströmung des Golfstroms in südwestlicher Richtung bei Europa ankommt, wird auch der äquatoriale Luftstrom durch die Rotation der Erde in demselben Sinne abgelenkt, und das Zusammenwirken beider verleiht unserem Erdtheil sein mildes Clima.

Um die Windrichtung, welche an einem Orte vorherrschend ist, zu ermitteln, bestimmt man das Verhältniß der Zeit, während welcher jeder Wind geweht hat, indem man die Rechnung auf eine beliebige Zahl als Einheit bezieht. Hat z. B. der Südwest während eines Jahres 91 Tage lang geweht, so hat er während eines Viertels der Zeit geherrscht; bezeichnet man nun die Zeit mit 1000, so wird also dem Südwest die Zahl 250 zukommen. Verfährt man in derselben Weise mit allen Windrichtungen, so erhält man eine Tabelle, welche ein gutes Bild für die Häufigkeit der einzelnen Winde giebt und aus welcher man die mittlere Windrichtung mit Leichtigkeit bestimmen kann. In dieser Weise hat man seit vielen Jahren in Europa beobachtet und ist zu dem Ergebniß gelangt, daß für Europa und selbst für Nordamerika West- und Südwestwinde vorherrschen. In England, Frankreich, den Niederlanden, Dänemark und Schweden weht am häufigsten Südwestwind, in Deutschland West-, in Rußland und Nordamerika Nordwestwind. In Deutschland herrscht unter 1000 Winden der Nord 84, der Nordost 98, der Ost 119, der Südost 87, der Süd 97, der Südwest 185, der West 198, der Nordwest 131 mal; die mittlere Windrichtung liegt 14 Grad von Westen gegen Süden. Zählen wir die Süd-, Südwest- und Westwinde zusammen, so finden wir für diesen Quadranten der Windrose die Zahl 480, d. h. fast die Hälfte sämmtlicher Winde, woraus deutlich hervorgeht, daß wir unter der milden Herrschaft des Aequatorialstroms stehen.

Wenn nun aber der Gegenpassat bis zu uns gelangt und selbst bis zum Pol vordringt, so muß der untere polare Strom, der die kalte Luft der höheren Breiten nach Süden führt und unter den Tropen als Nordost-Passat weht, sich ebenfalls in unseren Gegenden fühlbar machen. Ein solcher Strom muß irgendwo vom Pol zum Aequator fließen, da ohne einen solchen Zufluß unter dem Aequator zuletzt ein luftleerer Raum entstehen müßte. Werfen wir noch einen Blick auf die oben angeführte Zahlenreihe, so sehen wir die Zahlen von dem Maximum bei West an abnehmen bis Nord und nun bei Nordost ein zweites Maximum erreichen. Es ist dies die Wirkung des durch die Erdrotation umgebogenen Polar-

stroms, dem die Windrichtungen Nord, Nordost und Ost angehören. Zählt man die entsprechenden Zahlen zusammen, so erhält man als Summe 301 und findet im Vergleich mit der für den Aequatorialstrom gewonnenen Zahl, daß die warme Südströmung bei uns fast um die Hälfte länger herrscht, als die kalte Nordströmung. Für England und Frankreich tritt dies Vorherrschen noch entschiedener hervor. Es giebt somit auf unserer Halbkugel zwei Hauptströmungen: bald herrscht der Aequatorial-, bald der Polarstrom; der erstere ist warm und feucht, der letztere kalt und trocken. Sie üben auf die Vegetation einen sehr verschiedenen Einfluß aus und das Gedeihen der Erndte hängt zum großen Theil von der Zeit ihres Eintreffens und der Dauer ihrer Herrschaft ab. Die dem Aequatorialstrom angehörigen Süd-, Südwest- und Westwinde und die dem Polarstrom angehörigen Nord-, Nordost- und Ostwinde sind die ursprünglichen; die aus den Zwischenrichtungen Nordwest und Südost wehenden Winde werden durch das Zusammenwirken dieser beiden Hauptströme hervorgerufen.

Wenn die beiden Strömungen neben einander fließen, wobei jede sich über eine bedeutende Fläche erstreckt, so müssen sich in dem Grenzgebiet, welches diese in entgegengesetzter Richtung strömenden Winde scheidet, unter dem gemeinsamen Einflusse beider Wirbel bilden. Auf der Seite des Polarstroms weicht der Wind unter der Einwirkung der von Süden kommenden Gegenströmung nach Südost ab, während auf der Seite des Aequatorialstroms der Westwind in einen Nordwest umgewandelt wird, so daß in dem Grenzgebiete die Luft eine Art rotirender Bewegung vollführt. In dieser Zone wird daher die Windrichtung schwanken, und zwar wird diese Zone selbst sich hin und her schieben, da die beiden ursprünglichen Strömungen ihre Lage, Breite und Stärke verändern. Hier haben wir also eine erste Ursache für die Veränderlichkeit des Windes, welche gewissermaßen constant ist, da die beiden Ströme unausgesetzt wehen und ihr Grenzgebiet bald hierhin, bald dorthin verlegen. Wir kommen sofort zu einer zweiten, nicht minder wichtigen Ursache. Es besteht immer ein Temperaturunterschied zwischen den verschiedenen Punkten eines größeren Gebietes. Land- und Wassermassen, Wüsten und Wälder, warme Tiefländer und kalte Hochebenen üben ihre Wirkung auf die Temperatur und beeinflussen damit die beiden Ströme auf ihrem Wege. So entstehen Nebenströmungen, gewissermaßen Seitenäste der beiden großen Stämme. Als dritte Ursache tritt hinzu die Unebenheit der Erdoberfläche. Wenn die Hauptströmungen über eine Gebirgskette hinziehen, so wehen sie dort nicht mit derselben Regelmäßigkeit, wie in der Ebene. In der That müssen die Ströme um so unregelmäßiger wehen und einzelne Windstöße bringen, je weniger gleichförmig die von ihnen bestrichene Oberfläche ist. Dieselbe Luftschicht, die sich über dem Meere mit der Regelmäßigkeit eines ungeheuren Flusses bewegt, verläßt ihren gleichförmigen Gang, sobald sie auf ihrem Wege durch Unebenheiten des Bodens beein-

trächtigt wird. Am Fuße der großen Schweizer Gebirge, beispielsweise in Genf, wo das Terrain schon in hohem Grade uneben ist, vollziehen sich so bedeutende Aenderungen in der Kraft des Windes, daß sich seine Intensität oft für kürzere Zeiträume verdreifacht. In den Schluchten der Alpen treten oft während der heftigsten Stürme Pausen ein, so daß die Atmosphäre vollständig ruhig ist. Selbst in Ländern, die nur geringe Erhebungen aufweisen, und in Ebenen, die mit Häusern und Gebüschen bedeckt sind, schreitet der Wind nicht in gleichförmigem Zuge vorwärts, wie die Passate über dem Meere, vielmehr löst er sich in einzelne Stöße auf, deren jeder einen Sieg der atmosphärischen Strömung über ein Hinderniß an der Erdoberfläche bedeutet. Unmittelbar am Boden setzt der Wind stets von Zeit zu Zeit aus, während er in der Höhe über einer Ebene fast immer mit der gleichförmigen und majestätischen Bewegung eines Flusses dahinbraust.

So werden also diese veränderlichen Winde gerade so von Gesetzen beherrscht, wie die große Bewegung des Hauptkreislaufes. Wir mögen uns nun fragen, ob sich ein oberstes Gesetz erkennen läßt, welches die Aufeinanderfolge der Winde regelt. Gehen wir auf die erste Ursache zurück, die wir für die Veränderung des Windes anführten. Für gewöhnlich ist unsere ganze Halbkugel in breite schräge Streifen getheilt, in welchen die Luftmassen in entgegengesetzter Richtung fließen, die einen als Polar-, die anderen als Aequatorialstrom. Diese Streifen verdrängen einander und schieben sich rund um den Erdball herum, so daß an einem und demselben Orte bald der Aequatorial-, bald der Polarstrom die Oberhand gewinnt. Bei dem Uebergange des einen in den andern findet aber stets eine Art Kampf statt, der eine Strom wird zurückgedrängt und dieser zurückgeschlagene Wind macht sich an einem anderen Orte als Nordwest oder als Südost bemerkbar. So lange das Ringen zwischen diesen von entgegengesetzten Bewegungen belebten Luftmassen währt, wobei anfangs der Sieg noch unentschieden ist, dreht sich die Fahne oft nach allen nur möglichen Richtungen der Windrose, und somit erzeugt das Zusammenwirken der beiden regelmäßigen Strömungen die scheinbare Unregelmäßigkeit des ganzen Windsystems. Wenn nun auch dieser Kampf zwischen den beiden Luftströmen eine Zeit lang anhalten kann, so gewinnt doch schließlich der eine oder der andere die Oberhand, worauf nun der Wind in den Richtungen, welche der Strömung entsprechen, eine längere Zeit weht.

Schon seit sehr langer Zeit haben die Physiker erkannt, daß auf der nördlichen Halbkugel der Wind sich im Allgemeinen in demselben Sinne dreht, in welchem die scheinbare tägliche Bewegung der Sonne stattfindet, d. h. daß er nach rechts von seiner Richtung abweicht, ein Südwest also in West, ein Nordost in Ostwind übergeht. Schon Aristoteles sagte vor mehr als 2000 Jahren: „Wenn ein Wind zu wehen aufhört, um einem andern aus benachbarter Richtung wehenden Winde Platz zu machen, so vollzieht sich dieser Wechsel in dem Sinne der

Bewegung der Sonne.“ Seit den Zeiten des großen griechischen Naturforschers haben viele Physiker aufs Neue diese regelmäßige Drehung des Windes bestätigt, welche übrigens auch den Seeleuten seit uralter Zeit bekannt war;

When tho wind weers against the sun,
Trust is not, for back it will run.

sagt ein alter englischer Seemannsspruch. (Wenn der Wind sich gegen die Sonne dreht, so herrscht keine Beständigkeit, denn er wird zurückgehen.) Dove hat zuerst alle hierauf bezüglichen Behauptungen gesammelt und das, was bis dahin nur Hypothese war, wissenschaftlich begründet. Nach dem von ihm aufgestellten Drehungsgesetze, welches seinen Namen trägt, hält der Wind der Reihe nach die Richtungen

SW., W., NW., N., NO., O., SO., S., SW.

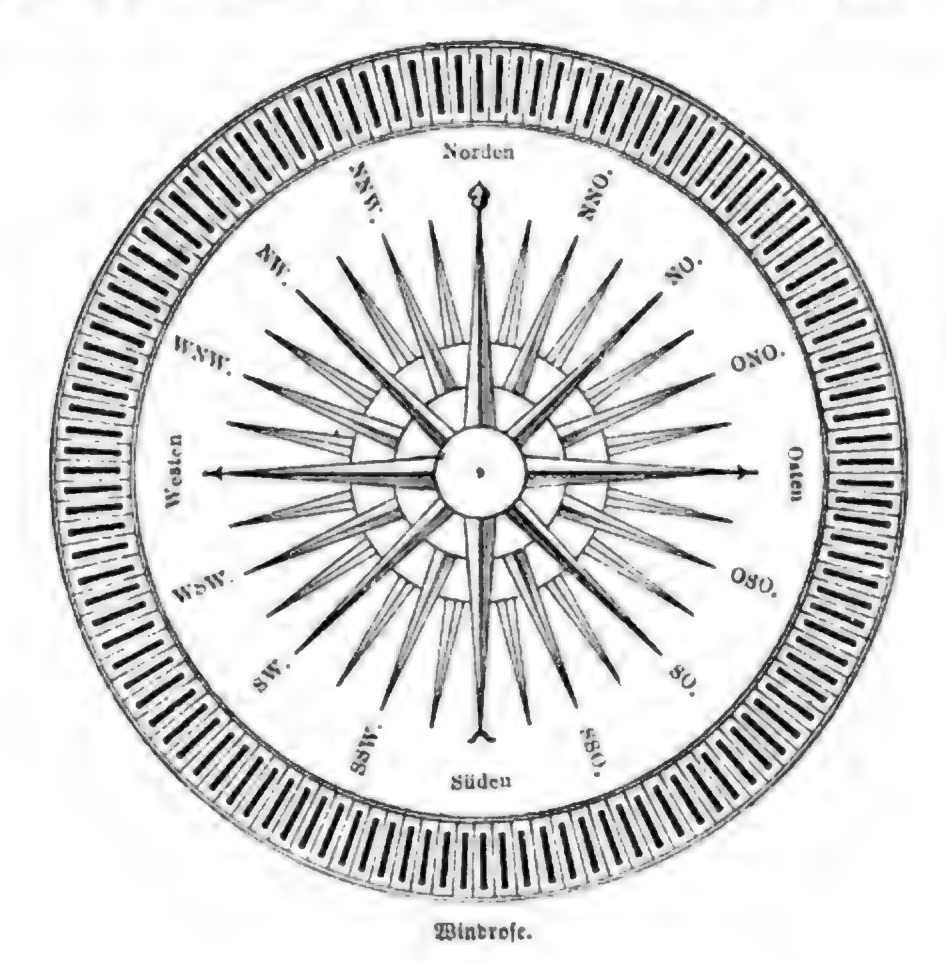
ein. Auf der südlichen Halbkugel vollzieht sich die Drehung des Windes in entgegengesetzter Richtung, so daß auf beiden Halbkugeln der Wind sich in demselben Sinne wie die Sonne bewegt. Allerdings befolgt die Drehung des Windes nicht mit voller Regelmäßigkeit das Dovesche Gesetz, vielmehr findet häufig ein Zurückspringen statt, was weit öfter auf der Westseite, als auf der Ostseite der Windrose eintritt; in dem Quadranten zwischen Ost und Süd geht der Wind höchst selten zurück. Eine vollständige Drehung im entgegengesetzten Sinne, also von Süd nach Ost, Nord und West, wird in Europa nur selten beobachtet. Nach Quetelets langjährigen Beobachtungen in Brüssel kommt auf drei ganze regelmäßige Umläufe nur eine ganze retrograde Umdrehung. Am langsamsten dreht sich der Wind in den Monaten September, December und April, am schnellsten im Juni, Juli und August.

Bei Luftfahrten erkennt man sehr deutlich ein Abweichen des Windes, welches beweist, daß der Wind sich nicht in gerader Richtung fortbewegt, sondern sich in dem Sinne biegt, als die eben entwickelte Theorie verlangt. Der Luftschiffer, der mitten in dem Luftstrome schwebt und von demselben fortgetragen wird, befindet sich in der allergünstigsten Lage, sowohl um die Richtung des Windes zu erkennen, als auch um die Geschwindigkeit desselben zu messen. Flammarion verzeichnete bei jeder Luftfahrt auf einer Karte die Projection der Linie, welche der Ballon in der Luft beschrieb, indem er sich bestimmte Punkte markirte, was bei heiterer Luft nicht die geringste Schwierigkeit hat und sich auch bei bedecktem Himmel ausführen läßt, indem man Lücken zwischen den Wolkenmassen benutzt, oder den Ballon von Zeit zu Zeit bis unter die Wolken hinabsinken läßt. Der Ballon giebt so genau die Richtung und absolute Geschwindigkeit des Luftstroms an, daß der Luftschiffer das Gefühl der vollkommensten Unbeweglichkeit hat. Es macht einen eigenthümlichen und stets überraschenden Eindruck, wenn man sieht, wie man mit der Geschwindigkeit des Windes dahin-

gleitet und doch nicht den geringsten Lufthauch verspürt, selbst wenn man von einem heftigen Sturm mit gewaltiger Geschwindigkeit fortgerissen wird. Flammarion versichert, nur ein einziges Mal, am 15. April 1868, und auch da nur während weniger Minuten, einen gelinden Wind verspürt zu haben und glaubt, daß sein Ballon, der mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 7½ Meilen hinzog, in eine Region gelangt sei, wo die Luft sich weniger schnell bewegt habe. Alle die verschiedenen von Flammarion in angegebener Weise gezogenen Linien krümmen sich in demselben Sinne, wie es das Drehungsgesetz vorschreibt. „Am 23. Juni 1867, erzählt er, gleitet der von Paris aufgestiegene Ballon zunächst nach Süden; doch bald bildet sein Weg einen ganz kleinen Winkel mit dem Meridian von Paris; derselbe nimmt allmählig zu und ist bereits sehr merklich, als der Ballon über Orleans unter dem 48. Breitengrade fortzieht. Unter dem 47. Grade ist der Weg des Ballons schon nach Süd-Südwest gerichtet und unter dem 46. Grade, wo wir landen, nach Südwest. Dabei hatten wir einen Weg von 64 Meilen in 11½ Stunden mit stets wachsender Geschwindigkeit zurückgelegt.“ Eine ähnliche Drehung des Windes zeigte sich bei den meisten Luftfahrten.

Unter allen Eigenschaften des Windes tritt die jeweilige Richtung am auffälligsten hervor und läßt sich am leichtesten beobachten. Um sie anzugeben, theilt man bekanntlich den Horizont durch zwei senkrechte Durchmesser, deren einer von Norden nach Süden, der andere von Westen nach Osten geht, in vier gleiche Abschnitte; die Endpunkte der Durchmesser markiren auf dem Horizonte die vier Weltgegenden. Da aber der Wind viele Zwischenrichtungen annehmen kann, so theilt man die einzelnen Bogen durch vier andere Durchmesser, so daß man vier Zwischenrichtungen erhält, und schaltet, wenn noch größere Genauigkeit erfordert wird, noch weitere acht Zwischenrichtungen ein. Es ist wohl überflüssig zu bemerken, daß man den Wind nach derjenigen Richtung benennt, aus welcher er weht, nicht aber nach der, gegen welche er gerichtet ist, so daß wir z. B. unter Ostwind den von Osten nach Westen blasenden Wind verstehen. Kennt man die Himmelsrichtungen und kann man Gegenstände beobachten, die mit Leichtigkeit vom Winde bewegt werden, so kann man sofort die Windrichtung erkennen. Oft nimmt man seine Zuflucht zu der Windfahne, sicher dem ältesten Instrumente, das jemals zu meteorologischen Beobachtungen verwendet worden ist. Dieser einfache Apparat besteht gewöhnlich aus einer Platte von Eisenblech, welche sich um einen senkrechten Stiel drehen kann. In früheren Zeiten durfte die Windfahne keinem Gebäude fehlen; der stolzeste Palast wie die niedrigste Hütte war mit einer solchen versehen. „Man hat stets vom Wetter gesprochen, sagt Laugel, lange bevor man von Meteorologie sprach; und wenn dies Wort auch neueren Ursprungs ist, so möchte ich doch glauben, daß unsere Vorfahren mehr als wir sich mit dem, was es bedeutet, befaßten. Heute baut man die schönsten Häuser und Schlösser, auf

denen der Baumeister die Windfahne anzubringen vergißt. Ehemals zierte sie in bald gefälliger, bald origineller Form das Dach eines jeden Hauses. Es liegt etwas Poetisches in dem Anbringen dieses Instrumentes, das gleichzeitig ein Symbol der Veränderlichkeit und der Beständigkeit ist. Sehen wir nicht in ihm ein Bild manches armen Lebens, das sich mit allen seinen Mühen, Anstrengungen und Kämpfen auf dem engen Punkte abspielt, wo wir zur Welt gekommen sind und wo wir einst sterben werden? Die Windfahne thront über dem Hause und giebt getreulich jeden Wechsel des Windes, jeden Sturm an, während unter dem




Windrose.

Dache die menschlichen Leidenschaften ihr Spiel treiben. Halb zertrümmert kreischt sie noch über alten verlassenen Gebäuden, die nichts Lebendes mehr in sich bergen, und ihre plötzliche Bewegung bildet einen traurigen Gegensatz mit der Ruhe und dem Schweigen, welches Tod und Vergessenheit hinter sich gelassen haben."

Unter den Unbilden der Witterung rostet die Windfahne, wird in Folge dessen träge und giebt die Windrichtung nicht mehr sofort richtig an. Bisweilen weicht der Stiel aus der senkrechten Lage, und da die Fahne nun das Gleichgewicht verloren hat, so hängt sie stets nach derselben Richtung hin. Ihre Angaben sind daher nur dann zuverlässig, wenn sie von Zeit zu Zeit untersucht wird und

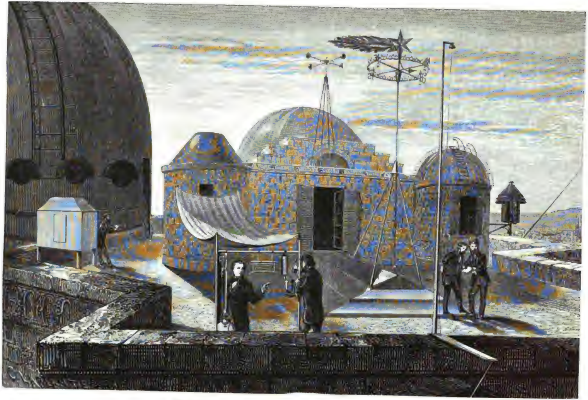
wenn sie so hoch angebracht ist, daß sie gegen die Abweichungen, die der Wind durch niedrigere Gegenstände erleidet, geschützt ist. Nicht selten wird die Atmosphäre gleichzeitig von mehreren Strömungen durchzogen, die über einander gelagert sind und sich kreuzen; in diesem Falle liegt die Hauptströmung, welche augenblicklich das Wetter beherrscht, gewöhnlich in bedeutender Höhe, auch wenn in noch höheren Regionen andere Strömungen wehen. Solche oberen Winde erkennt man an dem Zuge der Wolken, welcher oft dem an der Erde herrschenden Winde entgegengesetzt ist.

Da die Dichtigkeit der Luft nur zwischen engen Grenzen schwankt, so hängt die Kraft des Windes fast ganz von seiner Geschwindigkeit ab und wächst wie das Quadrat dieser letzteren. Die Ausdrücke „Kraft des Windes" und „Geschwindigkeit des Windes" sind daher fast identisch. Um diese Geschwindigkeit zu messen, bedient man sich des sogenannten Anemometers. Dasselbe besteht aus einer vertikalen Axe, die vier gleichlange horizontale und rechtwinklig zu einander gestellte Stangen trägt; an den Enden dieser letzteren sind vier hohle Halbkugeln so angelöthet, daß die begrenzenden Kreisebenen alle senkrecht stehen und daß die Höhlung einer jeden der Wölbung der nächsten zugewendet ist. Der Wind trifft daher stets zwei Höhlungen und zwei Wölbungen, und da er auf die ersteren stärker wirkt, als auf die letzteren, so versetzt er das ganze System in drehende Bewegung, wobei die Zahl der Umdrehungen in einer bestimmten Zeit der Stärke des Windes proportional ist. Für das Instrument auf dem Pariser Observatorium ist die Geschwindigkeit des Windes drei mal größer, als die Geschwindigkeit der rotirenden Halbkugeln; es ist daher leicht, aus der Zahl der Umdrehungen den von dem Winde in der entsprechenden Zeit zurückgelegten Weg zu berechnen. Die Abbildung zeigt die meteorologischen Instrumente auf der Terrasse der Pariser Sternwarte. In diesem berühmten Gebäude, welches von Ludwig XIV. vor 200 Jahren mit großem Kostenaufwande erbaut und auf das Glänzendste ausgestattet wurde, fanden seit seiner Gründung regelmäßige Beobachtungen des um die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts erfundenen Barometers und Thermometers statt, zu denen später Wind- und Regenbeobachtungen traten. Der untere Wind wird mit Hülfe einer großen Windfahne, welche die Form eines Kometenschweifes hat, beobachtet, die Geschwindigkeit wird mit dem Anemometer gemessen, die obere Luftströmung an dem Zuge der Wolken beobachtet. Der Mast neben der Windfahne trägt ein elektrisches Thermometer, welches sich 5 Meter hoch über dem Dache und 33 Meter über dem Boden befindet; von demselben gehen Leitungsdräthe in das untere Stockwerk und melden dort die Angaben des Instrumentes, d. h. die Lufttemperatur. Ein zweites Thermometer ist an der Nordseite des mittleren Saales angebracht, auf der Figur aber ebenso wie das Maximum- und Minimum-Thermometer und das Hygrometer

als auf der Terrasse selbst befindlich gezeichnet. Neben der Kuppel steht ein alter Regenmesser, welcher jetzt nicht mehr in Gebrauch, sondern durch das kegelförmige Instrument rechts ersetzt worden ist. Im Innern an dem geöffneten Fenster ist ein Fortin'sches Barometer angebracht.

Wir sahen, daß in Europa im Allgemeinen Südwest und Westwinde vorherrschen; indessen haben die verschiedenen Jahreszeiten einen merklichen Einfluß auf die Windrichtung. Im Winter ist für Deutschland der Aequatorialstrom etwas südlicher gerichtet, als in den übrigen Jahreszeiten, und erreicht im Februar seine größte Stärke; doch ist während des ganzen Winters die Ueberlegenheit der West- über die Ostwinde geringer, als sonst. Im Frühling, namentlich im April, fallen häufig Ostwinde ein, welche oft lange anhalten und das Uebergewicht der westlichen Strömung beträchtlich vermindern. Dagegen ist im Sommer und namentlich im Juli der Westwind entschieden vorherrschend und wechselt oft mit Nordwest. Im Herbste nimmt das Uebergewicht der Westwinde wieder ab; im October tritt häufig Südwind ein, so daß in diesem Monat die mittlere Windrichtung südlicher liegt, als in jeder anderen Jahreszeit. Für Frankreich und England gestalten sich die Windverhältnisse in den einzelnen Jahreszeiten ziemlich ähnlich, auch hier ist das Uebergewicht der Südströmung im Frühling am geringsten, im Sommer am größten, doch hat sie eine mehr südliche Richtung, als in Deutschland. Umgekehrt herrscht in Portugal der Nordwest vor und wechselt mit West und Südwest ab. Ueber dem Mittelmeer herrschen im Sommer sehr beständige Nordwinde, die wir schon oben unter dem Namen der etesischen Winde kennen lernten. Sie beginnen um die Zeit des Sommersolstitiums und halten oft bis gegen Ende des Herbstes an, werden aber oft durch heftige Südwest- und Südostwinde unterbrochen. Ebenso werden die während des Winters hier herrschenden Südwinde durch heftige Windstöße aus Norden, die nicht selten von Schnee und Hagel begleitet sind, unterbrochen. Die Etesien erlangen im Sommer bisweilen eine außerordentliche Gewalt, und wenn sie auch dem Schiffer von Nutzen sind, so bringen sie doch oft der Vegetation großen Schaden. Hält ihre Heftigkeit längere Zeit an, so bedecken sich die Gebirge von Albanien und Griechenland mit Schnee. In den östlichen Theilen Europas wird der Nordwind immer mehr vorherrschend; so weht in Constantinopel während der längsten Zeit des Jahres Nord- und Nordostwind.

Schon die alten Griechen, welche die Lage ihres rings vom Meer umspülten Landes naturgemäß auf die Schifffahrt hinwies, hatten die verschiedenen Winde, welche die Segel ihrer Schiffe schwellten, nach ihrer Richtung und Art studirt. Ursprünglich unterschieden sie nur zwei, den Nord als Boreas und den Süd als Notos, fügten aber bald den Ost als Euros und den West als Zephyros hinzu. In späterer Zeit schoben sie noch den Boreas-Euros, Nordost, den Notos-



Die meteorologischen Instrumente auf der pariser Sternwarte.

Digitized by Google

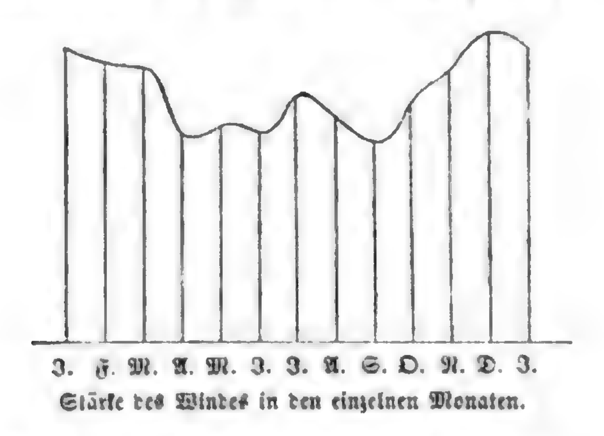
Apheliotes, Südost, den Argestes-Notos, Südwest, und den Zephyros-Boreas, Nordwest, ein. Das Wesen des Zephyros schildert Homer ganz richtig; es ist nicht der leichte, kraftlose Zephir, der mit den Kindern Floras tändelt, wie ihn das Zeitalter Ludwig XV. schildert, sondern ein kräftiger, oft verderblicher Wind, dem die übrigen nicht zu widerstehen vermögen; mit scharfem Sausen fährt er dahin, treibt die Wolken vor sich her und wühlt das Meer auf. So ist noch jetzt der Charakter des Westwindes; an allen nach Westen gerichteten Küsten neigen die Bäume ihre Wipfel nach Osten, sind oft stark verkrüppelt und bilden nur niedriges Buschwerk.

Es scheint sicher zu sein, daß der Wind sich nicht blos durch Stoßen, sondern auch durch Saugen fortpflanzt. Franklin scheint diese letztere Art der Verbreitung zuerst beobachtet zu haben. Er erzählt, daß er an der Beobachtung einer Mondfinsterniß in Philadelphia durch einen Nordoststurm gehindert worden sei, der um 7 Uhr Abends eintrat und wie gewöhnlich den ganzen Himmel mit dichten Wolken bedeckte. Wenige Tage darauf erfuhr er zu seiner Ueberraschung, daß der Sturm in Boston, welches fast 100 Meilen nordöstlich von Philadelphia liegt, erst um 11 Uhr Abends, lange nach Beobachtung der ersten Phasen der Finsterniß, eingetroffen war. Als er weitere Beobachtungen sammelte, kam er zu dem Resultat, daß der Sturm an einem Orte um so später eingetreten war, je nördlicher der Ort lag, und daß der Wind also in umgekehrtem Sinne zu seiner Richtung fortgeschritten war. Später hat man dieselbe Erscheinung bei vielen Stürmen wahrgenommen, indessen schreitet der Wind fast immer in derselben Richtung fort, in welcher er weht. Der schreckliche Orkan aus Südwest vom 29. November 1836 ging über London um 10 Uhr Morgens fort, über dem Haag um 1 Uhr, über Emden um 4 Uhr, über Hamburg um 6 Uhr, über Stettin um $9\frac{1}{2}$ Uhr Abends. Er pflanzte sich also in der Richtung fort, in welcher er wehte, und legte den Weg von London bis Stettin in 12 Stunden zurück, d. h. in jeder Stunde etwa 15 Meilen. Vielleicht beginnt der Wind an einem Punkte, der in der Mitte des von ihm beherrschten Weges liegt, und pflanzt sich vorwärts durch Stoßen, rückwärts durch Saugen fort. Die schwachen Land- und Seewinde, deren Entstehung oben besprochen wurde, bestätigen diese Theorie. Der Seewind ist zuerst an der Küste zu spüren und erst nach Verlauf einiger Stunden im Innern des Landes und auf der offenen See. Mithin kann ein Ostwind in Deutschland beginnen und später gleichzeitig in Holland und Rußland eintreffen.

Wenn ein Schiff im atlantischen Ocean vom Polarkreis aus nach Süden segelt und bis zum südlichen Polarkreis vordringt, so wird es im Allgemeinen folgenden Winden begegnen. Bei seiner Abfahrt segelt es mit Südwest bis zum 50. Breitengrade, von wo bis zum 35. Grade die westlichen Winde noch

vorherrschen, aber hin und wieder vom Nordost unterbrochen werden. Vom 35. bis zum 30. Grade trifft das Schiff auf eine Zone, wo der Wind sehr veränderlich ist und das ganze Jahr hindurch sich gleichmäßig auf alle vier Weltgegenden vertheilt, oft auch mit Windstille abwechselt. Nun folgt die Region des Nordost-Passates, der das Schiff bis zum 10. Breitengrade begleitet, worauf es in die 5 Grad breite Calmenzone gelangt. Vom 5. bis zum 25. Grade südlicher Breite bläst der Südost-Passat, worauf Westwinde vorherrschen, um vom 45. Grade an in entschiedenen Nordwest überzugehen.

Wenn wir jetzt die Intensität des Windes betrachten, so bemerken wir, daß dieselbe trotz ihrer scheinbaren Unregelmäßigkeit doch wie Alles auf der Erde von der täglichen und jährlichen Bewegung der Erde beeinflußt wird. Aus zwanzigjährigen Beobachtungen zu Brüssel ergiebt sich, daß der Wind zur Zeit der längsten Tage im Juni weniger stark ist, als zur Zeit der kürzesten Tage im December, wo er im Allgemeinen am kräftigsten ist. Ueberhaupt ist in den 6 Monaten,



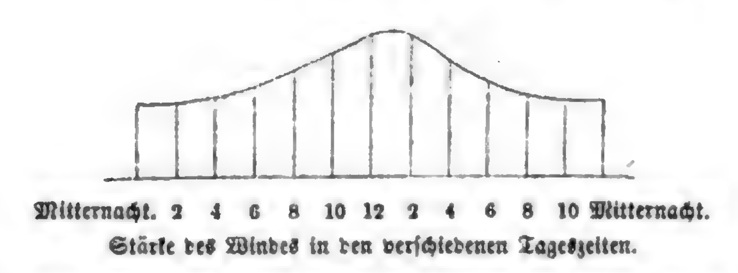
Stärke des Windes in den einzelnen Monaten.

wo der Tag kürzer ist, als die Nacht, der Wind stärker, als in der anderen Jahreshälfte, wo er schwächer ist, als im Mittel. Der Monat September, der in mancher Beziehung von den allgemeinen Gesetzen abzuweichen scheint, zeichnet sich auch in Hinsicht auf den Wind aus, welcher in diesem Monate entschieden am schwächsten ist. Auch mit den Tagesstunden ändert sich die Stärke des Windes; das Anemometer in Brüssel, welches die Windstärke von 5 zu 5 Minuten registrirt, zeigt an, daß der Wind um 2 Uhr Nachmittags fast doppelt so stark ist, als mitten in der Nacht.

Hoffen wir, daß einst der Tag kommen wird, wo der Gang der veränderlichen Winde für Europa gerade so genau bekannt ist, wie es der große Kreislauf der Passate und der Monsune in der Tropenzone seit langer Zeit ist; hoffen wir, daß der Tag kommen wird, wo der Meteorolog die unsichtbare Straße, welcher die oberen Winde folgen, gerade so genau berechnen kann, wie der Astronom die Bahnen der Planeten. Dann werden wir für jedes Land und für jeden Tag die Richtung der Luftwelle kennen, die über unseren Häuptern hin-

zieht, dann werden wir dem Luftballon mit Sicherheit sein Ziel vorschreiben können, dann wird nicht mehr die schwerfällige Locomotive auf den Schienenwegen keuchen, vielmehr wird sich der Verkehr auf den luftigen Straßen bewegen, welche die Wissenschaft für die Industrie erschlossen hat.

Die Luftströmungen, deren Gesetze wir näher untersucht haben, spielen eine große Rolle in der Natur. Sie begünstigen die Befruchtung der Blumen, indem sie die Blüthenstiele bewegen und den Blüthenstaub bis auf weite Entfernungen tragen. Sie führen den Städten frische Luft zu und mildern das Clima der nördlichen Gegenden, indem sie ihnen die warme Luft des Südens bringen. Ohne sie gäbe es keinen Regen im Innern der Continente, welche sich bald in trockene Wüsten verwandeln würden, ohne sie wäre die Erde fast unbewohnbar, weite Landstrecken würden sich in Herde der Ansteckung, in wahre Kirchhöfe verwandeln. Im ersten Buche sahen wir, welche verderbenbringenden Eigenschaften die abgesperrte Luft annimmt; der Mensch wird für seinen Nebenmenschen zum schlimmsten Gift, wovon ansteckende Krankheiten, wie Typhus, Cholera und Pest



Stärke des Windes in den verschiedenen Tageszeiten.

einen traurigen Beweis liefern. Der Wind allein kann dieses Uebel mildern, indem er die Ausdünstungen wegfegt und die verdorbene Atmosphäre durch neue, frische Luft ersetzt. Freilich wirkt der Wind bei dieser Arbeit auch gleichzeitig verderblich, indem er die Keime der ansteckenden Krankheiten anderen Gegenden zuführt, wie z. B. die Entfernung von 20 Stunden Rom nicht gegen die tödtliche Luft schützt, welche die pontinischen Sümpfe aushauchen.

Wir sahen, daß für alle Länder, welche mit Europa in gleicher Breite und selbst noch etwas südlicher liegen, der Westwind vorherrscht, der uns die warme Luft vom atlantischen Ocean hertreibt und unserem Erdtheil ein so mildes Clima verleiht, daß die Gerste bis fast in die Nähe des Nordcaps noch zur Reife kommt, während Grönland, welches mit dem nördlichen Schottland unter gleicher Breite liegt, aber nicht von warmen Winden bestrichen wird, niemals vom Eise frei wird. Obwohl Boston unter demselben Breitengrade liegt wie Spanien, wo die Olive gedeiht, so hat es doch so strenge Winter, daß die benachbarten Teiche und Seen oft eine Eisschicht von einem Meter Dicke tragen. Die fünf großen amerikanischen Seen, wahre Süßwassermeere, gefrieren im Winter bis zu bedeutender Tiefe und tragen improvisirte Eisenbahnen, wie sie im Sommer Schiffe tragen.

Betrachten wir nun die Rolle näher, welche der Wind in Bezug auf die climatischen Verhältnisse spielt. Zunächst üben die Winde einen hervorragenden Einfluß auf die Vertheilung der Wärme aus, indem sie den Ländern oft ein ganz anderes Clima verleihen, als denselben nach ihrer geographischen Lage zukäme. Sie bringen die Temperatur der Gegenden mit sich, aus denen sie stammen. Ein jeder hat bemerkt, daß der Nordwind im Allgemeinen kalt, der Südwind im Allgemeinen warm ist; allein die Wissenschaft darf sich nicht mit so allgemeinen Bemerkungen zufrieden geben, sondern muß die Thatsachen näher untersuchen und begründen. Seit vielen Jahren hat man daher die Angaben des Thermometers und die Windrichtung verglichen und ist sehr bald zu dem Schlusse gelangt, daß die Süd-, Südwest- und Westwinde eine Erhöhung, die Nord-, Nordost- und Ostwinde dagegen eine Erniedrigung der Temperatur hervorrufen. Fast in allen Ländern Europas weht der kälteste Wind aus einer Richtung, die zwischen Nord und Nordost liegt, der wärmste aus einer Richtung zwischen Süd und Südwest; der letztere wendet sich immer mehr nach Westen, je weiter man in das Innere der Continente vordringt. In Hamburg herrschen bei den einzelnen Winden durchschnittlich folgende Temperaturen: bei Nord 6,4, Nordost 6,0, Ost 6,7, Südost 7,6, Süd 8,0, Südwest 8,1, West 7,3, Nordwest 6,7. Auch hier erkennen wir auf das Deutlichste, daß in der Meteorologie keine Erscheinung für sich allein dasteht, daß vielmehr alle auf das Innigste unter einander verbunden sind. Der Südwest bringt uns nicht blos warme, sondern auch feuchte Luft und ruft daher meistens eine starke Wolkenbildung hervor. Dadurch erhält er einen ganz verschiedenen Charakter für den Sommer und Winter. Im Sommer bringen Südwest-, West- und Nordwestwinde die niedrigste Temperatur, während im Winter Südwest- und Westwinde gerade eine Erhöhung der Temperatur bewirken. Der Grund ist leicht zu erkennen. Die über das Meer hinströmenden westlichen Winde überziehen den Himmel meistens mit einer Wolkendecke, welche bei Tage die Erwärmung des Bodens durch die Sonnenstrahlen und bei Nacht die Erkaltung desselben durch Ausstrahlung verhindern. Im Sommer ist die Wirkung der Sonnenstrahlen, im Winter dagegen die nächtliche Strahlung überwiegend, und somit hindert die Wolkendecke im Sommer die stärkere Erwärmung, im Winter die stärkere Erkaltung des Bodens. Dagegen muß im Sommer bei denjenigen Winden die Temperatur am höchsten sein, welche einen wolkenfreien Himmel schaffen, während im Winter gerade bei heiterem Himmel die größte Kälte eintreten muß. Im Sommer bringt daher im Allgemeinen der Südost die höchste, der Nordwest die niedrigste Wärme, im Winter dagegen steht das Thermometer bei Südwest am höchsten, bei Nordost am niedrigsten.

Der Wind übt nicht blos auf die Temperatur, sondern auch auf den atmosphärischen Druck einen entschiedenen Einfluß. Das Barometer erreicht seinen

höchsten Stand, wenn der Wind eine nördliche Richtung hat und über Festland hinweht, und steht am tiefsten, wenn der Wind südlich gerichtet ist und über Meere hinstreicht. Für Europa wird das Barometer daher bei Nordwest steigen, bei Nord, Nordost und Ost einen hohen Stand bewahren, bei Südost zu sinken beginnen und bei Süd, Südwest und West auf niedrigem Stande verharren. An der Ostküste Nordamerikas und in China steht es dagegen am höchsten bei Nordwest und am tiefsten bei Südost. Im Allgemeinen bewirkt bei uns der Polarstrom ein Steigen, der Aequatorialstrom ein Fallen des Quecksilbers.

Gerade so wie auf die Temperatur und den Druck der Luft wirkt die Richtung des Windes auch auf den Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre ein, d. h. die Winde bringen Regen oder treiben ihn fort. Schon die tägliche Erfahrung lehrt uns, daß die Luft nicht bei jedem Winde gleich feucht ist. Wenn der Landmann wünscht, daß das Getreide und das Heu trocknen möge, so wird sein Verlangen bald erfüllt, wenn der Wind längere Zeit aus Osten weht, während dagegen anhaltender Westwind oft die Erndte durch Regen zu Grunde richtet und die Frucht angestrengter Arbeit vernichtet.

Wir sahen im ersten Buche, daß die Luft neben den Gasen, welche sie zusammensetzen, stets eine gewisse Menge Wasserdampf enthält und daß dieser Bestandtheil die Hauptrolle bei der Absorption der Wärme spielt, während dem Sauerstoff und dem Stickstoff nur eine untergeordnete Thätigkeit zufällt. Es wäre von der größten Wichtigkeit, die Menge des Wasserdampfes genau zu kennen, welche in der Luft über den einzelnen Ländern enthalten ist, da das Leben der Pflanzen und Thiere von der atmosphärischen Feuchtigkeit ebensowohl abhängt, als von der Temperatur. Ueber allen Meeren ist die Luft fast gänzlich mit Wasserdampf gesättigt, während ihr Feuchtigkeitsgehalt immer mehr abnimmt, je weiter man sich von der Küste entfernt. In manchen Binnenländern, wie in den Wüsten Afrikas und den Steppen Sibiriens, wo nicht die geringste Verdampfung am Boden stattfindet, ist die Luft von der allergrößten Trockenheit. Mithin müssen die Winde Trockenheit verbreiten, wenn sie über Binnenländer fortstreichen, und Feuchtigkeit bringen, wenn sie vom Meere her wehen.

Die Menge des Wasserdampfes, welche die Luft aufgelöst enthalten kann, ist sehr verschieden und hängt von der Temperatur ab. Während ein Kubikmeter Luft bei Null Grad höchstens $5^2/_3$ Gramm Wasserdampf enthalten kann, vermag dasselbe Luftvolumen bei 8 Grad $10^1/_2$ Gramm aufzulösen, und ist bei 20 Grad erst gesättigt, wenn es $24^2/_3$ Gramm aufgenommen hat. Wir wollen nun annehmen, daß die Luft 20 Grad warm und völlig mit Feuchtigkeit gesättigt sei, so daß sie also in jedem Kubikmeter $24^2/_3$ Gramm Wasserdampf enthält; fällt nun ein kalter Wind ein und kühlt die Luft schnell auf 8 Grad ab, so kann die letztere nur noch $10^1/_2$ Gramm Dampf aufgelöst enthalten und muß daher etwa

14 Gramm ausscheiden, so daß sich Regen einstellt. Die Ausscheidung wird noch reichlicher ausfallen, weil die Luft sich bei der Abkühlung zusammenzieht und jetzt einen geringeren Raum einnimmt, als vorher. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist am geringsten bei Nord und Nordost, nimmt bei Ost, Südost und Süd zu und erreicht sein Maximum zwischen Süd und Südwest, um nun wieder bei West und Nordwest abzunehmen. Der Grund für diese verschiedene Wirkung der Winde ist leicht zu erkennen; die westlichen Winde blasen über das atlantische Meer her zu uns und beladen sich dort mit Feuchtigkeit, während der Nordost über große Landmassen wegweht. Deswegen wird es bei westlichen Winden nicht nur häufiger, sondern auch reichlicher regnen, als bei östlichen.

Dieser Einfluß der Windrichtung auf die Wärme, den Druck und die Feuchtigkeit der Luft läßt sich am deutlichsten im Winter beobachten. Dove schildert den Verlauf der Witterung in dieser Jahreszeit, wie er durch das gegenseitige Verdrängen der beiden Haupt-Luftströme bedingt ist, folgendermaßen: „Wenn der Südwest, immer heftiger wehend, endlich vollkommen durchgedrungen ist, erhöht er die Temperatur über den Gefrierpunkt; es kann daher nicht mehr schneien, sondern es regnet, während das Barometer seinen niedrigsten Stand erreicht. Nun dreht sich der Wind nach West, und der dichte Flockenschnee beweist ebenso gut den einfallenden kälteren Wind, als das rasch steigende Barometer, die Windfahne und das Thermometer. Mit Nord heitert der Himmel sich auf, mit Nordost tritt das Maximum der Kälte und des Barometers ein. Aber allmählig beginnt dieses zu fallen und feine Federwolken zeigen durch die Richtung ihres Entstehens den oben eingetretenen südlicheren Wind, den das Barometer schon bemerkt, wenn auch die Windfahne noch nichts davon weiß und noch ruhig Ost zeigt. Doch immer bestimmter verdrängt der südliche Wind den Ost von oben herab; bei entschiedenem Fallen des Quecksilbers zeigt die Windfahne Südost, der Himmel bezieht sich allmählig immer mehr, und mit steigender Wärme verwandelt sich der bei Südost und Süd fallende Schnee bei Südwest wieder in Regen. Nun geht es von Neuem an, und höchst charakteristisch ist der Niederschlag auf der Ostseite von dem auf der Westseite gewöhnlich durch eine kurze Aufhellung getrennt.“

Betrachten wir nun die Geschwindigkeit und Kraft des Windes. Bekannt ist der lateinische gegen die Frauen gerichtete satyrische Spruch: „Quid levius pluma? pulvis — quid pulvere? ventus — quid ventu? mulier — quid muliere? nihil!“ (Was ist leichter als die Feder? der Staub; — als der Staub? der Wind; — als der Wind? die Frau; — als die Frau? Nichts!) Ohne auf diesen Vergleich näher einzugehen, wollen wir bemerken, daß der Wind trotz seiner Leichtigkeit eine ungeheure Kraft besitzt. Kein Element ist launenhafter, keines beweglicher; die Veränderungen der Stärke finden in so weitem Maße statt, daß es schwer hält, eine Scala für dieselben festzustellen von dem schwachen Hauch, der nur

kaum die Fläche des Sees kräuselt, bis zu dem Orkan, der Bäume entwurzelt und Häuser umstürzt. Man pflegt wohl folgende Geschwindigkeiten für die verschiedenen Winde anzuführen. Ein kaum wahrnehmbarer Wind legt in der Secunde $1\frac{1}{2}$ Fuß zurück, ein sehr schwacher Wind 3 Fuß, ein schwacher 6, ein lebhafter 18, ein sehr lebhafter 30, ein starker 40, ein sehr starker 60, ein Sturm 70 bis 90, ein Orkan 100 Fuß und darüber; die größte bei Wirbelstürmen oder Cyklonen beobachtete Geschwindigkeit beträgt etwa 250 Fuß für die Secunde. Doch muß hierbei bemerkt werden, daß alle diese Angaben sich auf die Geschwindigkeit beziehen, welche der Wind an der Erdoberfläche besitzt; bis zu welchem Grade diese Geschwindigkeit sich in den höheren Luftregionen steigern kann, wo keine Hindernisse die Bewegung beeinträchtigen, ist bis jetzt noch nicht ermittelt. Daß aber der Wind in der Höhe der Atmosphäre eine erheblich größere Geschwindigkeit als am Boden besitzt, ist oft genug beobachtet worden. So wurde Coxwell in einer Stunde fast 15 Meilen weit im Ballon fortgeführt, während die Instrumente am Boden nur eine Geschwindigkeit von kaum 3 Meilen für die Stunde angaben. Der Ballon, der während der Belagerung von Paris nach Christiania verschlagen wurde, legte in 15 Stunden einen Weg von mehr als 200 Meilen zurück, obschon am Boden nur ein gewöhnlicher Wind in derselben Richtung wehte. Der Ballon, welcher am 16. December 1804 um 11 Uhr Abends bei dem Krönungsfeste Napoleons I. in Paris aufstieg, flog in gerader Linie nach Rom, wo er niederfiel und seine aus 3000 farbigen Gläsern zusammengesetzte Kaiserkrone an dem Grabmal des Nero zerschellte. Er hatte in 8 Stunden 187, d. h. in einer Stunde 23 Meilen zurückgelegt. Aus diesen Thatsachen gewinnen wir einen Begriff von der Geschwindigkeit, welche ein Wirbelsturm in der Höhe der Atmosphäre annehmen muß, der schon auf der Erdoberfläche in einer Stunde trotz der mannigfachen Hindernisse gegen 30 Meilen, auf dem Ocean gegen 40 Meilen zurücklegt, und somit die Geschwindigkeit unserer Locomotiven um das Fünffache übertrifft.

Der Druck, welchen ein mit so gewaltiger Geschwindigkeit forteilender Luftstrom ausübt, ist ungeheuer. Fresnel schätzte ihn für einen starken Sturm auf 550 Pfund für einen Quadratmeter Fläche, allein es ist wahrscheinlich, daß die Orkane einen noch weit größeren Druck ausüben. Auch wenn wir die Cyklonen der heißen Zone außer Acht lassen, finden wir schon in der gemäßigten Zone viele Fälle, wo der Wind auf einem beschränkten Raume eine Gewalt ausübte, welche die obige Annahme weit übertrifft. So wehte beispielsweise am 27. Februar 1860 ein schrecklicher Weststurm im südlichen Frankreich; er stürzte sich mit so ungeheurer Gewalt durch die Lücke zwischen den Bergen, durch welche der Canal du Midi und die Eisenbahn bei Narbonne führen, daß er zwei Eisenbahnzüge von den Schienen schleuderte und umstürzte. Der ausgeübte Druck mußte größer sein

als 800 Pfund für den Quadratmeter. Am 14. Februar 1867 setzte sich eine Anzahl Wagen auf einer französischen Eisenbahn blos unter der Einwirkung des Windes in Bewegung und gelangte etwa eine halbe Meile weit. Die Bahnwärter glaubten einen Extrazug vorübereilen zu sehen, traten vor ihre Häuschen und gaben die vorschriftsmäßigen Signale. Die Ingenieure der französischen Ostbahn haben durch eine Reihe von Versuchen festgestellt, daß ein Wind mit einer stündlichen Geschwindigkeit von $6^1/_2$ Meilen dem Bahnzuge einen Widerstand von 24 Pfund für jeden Quadratmeter entgegensetzt, was bei einer Oberfläche von 6 Quadratmeter für jeden Wagen 144 Pfund und für einen Zug von 13 Wagen 1972 Pfund ausmacht. Dieser Widerstand, den die Locomotive überwinden muß, kann für die Fahrt von Paris bis Straßburg eine Verspätung von einer Stunde und darüber veranlassen.

Annähernde Rechnungen ergeben, daß die mechanische Kraft des Windes der Oberfläche des getroffenen Körpers und dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional ist, und daß der Druck auf jeden Quadratmeter Fläche und für einen Meter Geschwindigkeit in der Secunde ungefähr $^1/_4$ Pfund beträgt. Mithin würde ein Wind, der in einer Secunde 20 Meter zurücklegt, einen Druck von 100 Pfund, und ein Orkan bei 40 Meter Geschwindigkeit einen Druck von 400 Pfund auf jeden Quadratmeter Fläche ausüben. Bei einer so gewaltigen Kraft ist es begreiflich, daß die Orkane Bäume entwurzeln und Häuser umstürzen.

Um einen Begriff von den Wirkungen der mit ungeheurer Geschwindigkeit dahinströmenden Luft zu geben, wollen wir schon hier die Wirkungen einiger Wirbelstürme anführen, obschon wir diese selbst erst später besprechen werden. Am 25. Juli 1825 richtete ein Wirbelsturm ganz ungeheure Verwüstungen auf Guadeloupe an. Massiv gebaute Häuser wurden umgestürzt; von einem neuen auf Staatskosten aufgeführten sehr festen Gebäude wurde der eine Flügel vollständig weggefegt. Der Wind hatte den Ziegeln eine solche Geschwindigkeit verliehen, daß mehrere durch dicke Thüren hindurch in die Magazine einschlugen. Ein fichtenes Brett von einem Meter Länge, 25 Centimeter Breite und $2^1/_3$ Centimeter Dicke wurde mit solcher Geschwindigkeit durch die Luft fortgeschleudert, daß es einen Palmstamm von 45 Centimeter Durchmesser ganz durchschnitt. Ein vier bis fünf Meter langes Balkenstück von 20 Centimeter Durchmesser schleuderte der Wind mit solcher Gewalt gegen einen fest fundirten Weg, daß es fast einen Meter tief in den Boden eindrang. Das schöne eiserne Gitter vor dem Palaste des Gouverneurs wurde vollständig zertrümmert. Drei Vierundzwanzigpfünder fanden sich bis hart an die Brustwehr der Batterie, in welcher sie standen, von ihrem Platze gerückt.

Im Jahre 1823 ging ein Wirbelsturm bei Calcutta vorüber, tödtete in vier Stunden 215 Menschen, verwundete 223, stürzte 1239 Fischerhütten um und trieb unter anderem ein Bambusrohr durch eine Mauer von einem Meter Dicke, d. h.

der Stoß der Luft hatte die Kraft des aus einem Sechspfünder abgefeuerten Schusses. Im Jahre 1837 wurde auf St. Thomas das Fort, welches den Hafeneingang vertheidigt, so zerstört, als ob es bombardirt worden wäre. Felsblöcke wurden vom Grunde des Meeres aus einer Tiefe von 10 Metern losgerissen und an das Ufer geschleudert. Massive Häuser wurden von ihren Fundamenten losgerissen und von dem Sturm fortgeschoben. Auf den Antillen wurden Schiffe weit auf das Feld hinaus und selbst in Wälder hineingeschleudert. Im Jahre 1825 verschwanden die Schiffe, welche sich auf der Rhede von Basse-Terre befanden, und ein Capitain, welcher dem Tode entgangen war, erzählte, daß seine Brigg von dem Orkan gepackt und hoch aus dem Wasser gehoben worden sei, so daß er gewissermaßen in der Luft Schiffbruch gelitten habe. Bei dem Sturm, welcher am 11. Januar 1866 auf dem Canal wüthete, sah man, wie an dem Hafendamm von Cherbourg 5—600 Pfund schwere Steine, welche die Außenwand bildeten, durch die Wellen 8 Meter hoch auf den Damm hinaufgehoben wurden. „Durch den Wind aufgewühlt, sagt der Admiral La Ronciere le Noury, erhoben sich die gegen das Fort brandenden Wogen bis zu 60 Meter Höhe.“ Wenn wir von den Cyklonen sprechen, werden wir noch andere solche furchtbare Wirkungen kennen lernen.

---

## Viertes Capitel.

# Einige besondere Winde.

Nachdem wir die Entstehung und allgemeinen Wirkungen der regelmäßigen und unregelmäßigen Winde kennen gelernt haben, wollen wir unsere Aufmerksamkeit einigen besonderen Winden zuwenden, welche gewissen Gegenden charakteristisch sind, um uns in dem folgenden Capitel mit den heftigen Luftströmungen zu beschäftigen, welche bisweilen die Meere und Länder mit der Geschwindigkeit eines Raubvogels durchstürmen und scheinbar eine Ausnahme von den allgemeinen Naturgesetzen bilden. In Europa lassen die günstigen climatischen Verhältnisse solche atmosphärischen Erscheinungen nicht in voller Stärke auftreten, vielmehr sind unsere heftigsten Orkane nur die Ausläufer jener schrecklichen Wirbelstürme, von denen wir später reden werden.

Von den Winden, die sich in ihrem Wesen von den übrigen auszeichnen, können wir zunächst die Bise nennen, welche im östlichen Frankreich sehr gefürchtet wird. Es ist ein kalter und bisweilen sehr heftiger Nordwind, welcher von der Nordsee über die im Winter mit Schnee bedeckten Ebenen Hollands und Belgiens hinweht und sich dort noch mehr abgekühlt hat. In Istrien und Dalmatien wird ein ähnlicher Nordwind Bora genannt und bläst mit solcher Heftigkeit, daß er Pferde und Fuhrwerke umstürzt. In Spanien bezeichnet man den kalten Nord und Nordost mit dem Namen Gallego.

Im südlichen Frankreich tritt ein kalter unter dem Namen Mistral bekannter Wind auf. Er ist ursprünglich ein Westwind, der in Nordwest und Nord übergeht. Lange Zeit schrieb man seine Entstehung der Abkühlung der Luft an den schneebedeckten Gipfeln der Pyrenäen zu, doch haben die neueren Untersuchungen von Davy gezeigt, daß hier nicht ein blos locales Phänomen vorliegt. Kämptz bewies durch eine Zusammenstellung der Barometerstände, die in Spanien, Frank-

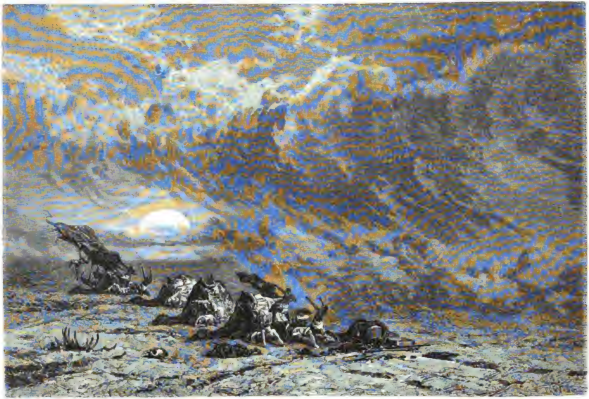
reich und Italien vor, während und nach dem Wehen des Mistral beobachtet wurden, daß dieser letztere ein wahrer weit herkommender Sturm ist, und daß er nicht einer plötzlichen Abkühlung an den Gebirgen seine Entstehung verdankt. Jedesmal, wenn er weht, ist der Luftdruck in den Gegenden westlich von den Cevennen ungewöhnlich hoch, und zwar begleitet diese Erscheinung den Mistral in jeder Jahreszeit, gleichviel ob gutes oder schlechtes Wetter im südlichen Europa herrscht. Sobald die Richtung des Aequatorialstroms ein wenig von West nach Norden hin abweicht, lenkt das Hochland Mittelfrankreichs und das gewaltige Alpengebirge den Strom nach dem Golf du Lion hinab. Dieser Strom, der von den Alpen und Pyrenäen im Osten und Westen und von den Cevennen nach Norden hin begrenzt wird, gestaltet sich an den Küsten von Languedoc zu einem reißend schnellen Winde; dies ist die Ursache für den hohen Barometerstand am Nordwestabhang der Cevennen und für die Erniedrigung des Luftdruckes über dem Mittelmeer. Hieraus erklärt sich auch die Heftigkeit des Windes im Rhonethal zwischen den Alpen und dem Hochlande Mittelfrankreichs. Der Mistral ist der trockenste Wind in diesen Gegenden, da er beim Uebersteigen der Cevennen seine Feuchtigkeit abgesetzt und an dem Nordwestabhange dieses Gebirges als reichlichen Regen vergossen hat. Umgekehrt sind östlich von den Cevennen die Süd- und Südostwinde feucht und bringen reichlichen Regen, weil sie über das Mittelmeer hinwehen; westlich von den Cevennen sind sie trocken.

Der Gegensatz zum Mistral ist der Föhn. Dieser warme Wind vollzieht auf den Alpen das Werk der Schneeschmelze. Er trifft plötzlich in voller Stärke ein und befreit alle die eingedämmten Gewässer, die jetzt ihre Fesseln sprengen. Dieser furchtbare Wohlthäter scheint Alles zerstören zu wollen, und will doch nur Hülfe bringen; mit solcher Gewalt stürmt er daher, Alles durch einander wirbelnd. Ungeheure Felsblöcke rollt er von den Höhen hinab, die mächtigsten Bäume stürzt er in die Gießbäche hinunter, reißt die Dächer von den Sennhütten und schleudert sie weit fort. Entsetzen herrscht überall und ängstlich fragt sich Alles: „was wird kommen?“ — Der Frühling ist's, der seinen Einzug hält!

Der Föhn wirkt weit kräftiger, als die Sonne, welche 14 Tage gebraucht, um so viel Schnee zu schmelzen, als dieser heiße Sohn des Südens in einer einzigen Nacht in Wasser verwandelt. Der Schnee vergeht reißend schnell unter seinem heißen Hauche, eine Schicht von zwei Fuß Dicke schmilzt in wenigen Stunden. Das geheimnißvolle Leben, welches die alpinen Pflanzen 8 Monate lang im Dunkel unter dem Schnee führten, nimmt ein Ende; auf den Ruf dieses Zauberers erstehen sie und schauen mit Wonne das Licht ihres kurzen Sommers. Das Leben und die Fruchtbarkeit, die auf den Höhen schlummerten, sie sind erwacht; als Nebel und Regen ergießen sie sich in die Tiefe und bewässern die Ebenen Europas, um hier den grünen Rasenteppich zu schaffen. Wer vermöchte in den ersten Stunden

dieser großen Wandlung mit seinen Sinnen das Zusammentönen aller dieser Wasser zu erfassen, wo tausend und abertausend Quellen ihre Stimme erheben!

Die hohe Temperatur des inneren Afrika erzeugt die außergewöhnlichen Winde, welche sich an den Küsten Guineas und der Berberei, in Aegypten, Arabien, Syrien, in den Steppen des südlichen Rußland und selbst in Italien verspüren lassen. Diese unter den Namen Harmattan, Samum, Chamsin bekannten Winde werden von eigenthümlichen Erscheinungen begleitet, sind außerordentlich heiß und trocken und führen große Mengen von Staub mit sich. Harmattan nennt man einen Wind, der an der Westküste Afrikas zwischen dem grünen Vorgebirge und dem Cap Lopez drei oder vier mal in jeder Jahreszeit vom Innern Afrikas nach dem atlantischen Meere hin weht. Am stärksten macht er sich in den Monaten December, Januar und Februar geltend und wechselt zwischen Südost und Nordost. Gewöhnlich hält er nur einen bis zwei, seltener 5 bis 6 Tage an, und ist stets nur von mäßiger Stärke. Jedesmal, wenn er weht, erhebt sich ein eigenthümlicher Nebel, der so dicht ist, daß nur in der Mittagszeit einige Strahlen der roth gefärbten Sonne ihn durchdringen. Die Bestandtheile dieses Nebels lagern sich auf dem Rasen, den Blättern der Bäume und der Haut der Neger ab, so daß Alles weiß erscheint. Woraus dieser Staub besteht, ist bis jetzt unbekannt, wir wissen nur, daß der Wind ihn nicht weit auf das Meer hinausführt. Eine Stunde von der Küste entfernt ist der Nebel schon sehr schwach, und in der Entfernung von drei Stunden nicht mehr zu spüren, obschon der Harmattan dort noch mit voller Kraft weht. Die außerordentliche Trockenheit ist die charakteristische Eigenschaft dieses Windes. Hält er eine Zeit lang an, so vertrocknen die Zweige der Citronen- und Orangenbäume und sterben ab. Die Einbände der Bücher krümmen sich, als ob sie einem starken Feuer ausgesetzt wären, selbst wenn man sie im Koffer unter Leinenzeug verpackt hat. Die Rahmen der Thüren und Fenster sowie die Meubles in den Zimmern krachen und zerspalten oft. Auf den menschlichen Körper wirkt dieser Wind ebenfalls erheblich ein. Die Augen und Lippen werden trocken und schmerzen. Hält der Wind 4 oder 5 Tage lang an, so schält sich die Haut von den Händen und im Gesicht ab; um dies zu verhüten, reibt man sich den ganzen Körper mit Fett ein. Hiernach sollte man glauben, daß der Harmattan ein höchst ungesunder Wind sein müßte, und doch findet gerade das Gegentheil statt. Das Wechselfieber z. B. verschwindet beim ersten Hauche des Windes wie durch Zauber; alle diejenigen, welche durch das hier übliche übermäßige Aderlassen geschwächt waren, gewinnen sehr bald ihre Kraft wieder. Die heilsame Wirkung des Windes geht so weit, daß die Ansteckung selbst auf künstlichem Wege nicht verbreitet werden kann, wie z. B. die Schutzpocken sich während der Dauer des Harmattan nicht impfen lassen. Die giftigen Eigenschaften, die ihm bisweilen zugeschrieben werden, existiren nur in der Einbildung. Fast scheint



Der Samum.

Digitized by Google

Digitized by Google

es, als wären sie nur von den Arabern erdichtet, um die Reisenden von dem Betreten der Wüste abzuschrecken, die sie als ihr ausschließliches Reich betrachten. Zu allen Zeiten hat der Araber der Wüste den Bewohner der Städte, der ein gemächliches und ruhiges Leben führt, verabscheut, sagt Kämptz. Deshalb verkauft der Beduine dem Kaufmann, der gezwungen ist, die Wüste zu durchreisen, seinen Schutz um schweres Gold. Für den Bewohner der Städte war die Wüste der Schauplatz der wildesten Schreckensscenen. Alle die wunderbaren Erzählungen von außergewöhnlichen Abenteuern fanden an ihnen gläubige Hörer, wie in unseren Tagen die Türken sich die falschesten Vorstellungen von Europa machen. Die Wüstenbewohner hüteten sich, diesen Irrthum zu zerstören, und bestätigten ihn vielmehr bei jedem Besuche der Städte. Die Handelsleute, welche die Wüste durchwandert hatten, kannten allein die Wahrheit, indessen waren sie nicht zahlreich, hatten große Vortheile von diesen Reisen und suchten diejenigen abzuschrecken, welche möglicherweise ihrem Beispiel folgen wollten. So verbreitete sich der Glaube an diese Mährchen. Alle arabischen Schriftsteller liefern lügenhafte Berichte über Alles, was sich auf die Wüste bezieht; europäische Reisende haben sie noch übertroffen. Der Muselmann glaubt ein verdienstvolles Werk zu thun, wenn er den Ungläubigen betrügt und ihm den Weg zur Wüste versperrt.

Burkhardt aus Basel hat uns zuerst zuverlässige Angaben über die Erscheinungen, die in der Wüste auftreten, und namentlich über die dort herrschenden Winde geliefert, und hierdurch die phantastischen Erzählungen seiner Vorgänger, wie Beauchamp, Bruce und Niebuhr, auf ihren wahren Werth zurückgeführt. Er erzählt, daß der Harmattan ihn zwischen Siout und Esne überraschte. „Als der Wind sich erhob, sagt er, befand ich mich auf meinem Dromedar fern von jedem Baum und jeder Wohnung. Ich beeilte mich, mein Gesicht zu schützen, indem ich dasselbe mit einem Taschentuch bedeckte. Während dessen wurde der Dromedar, dem der Wind den Sand in die Augen trieb, unruhig und setzte sich in Galop, so daß ich die Steigbügel verlor und herabstürzte. Ich blieb ruhig am Boden liegen, ohne mich von der Stelle zu rühren, und bedeckte mich so lange mit meinen Kleidern, bis der Wind nachließ. Alsdann suchte ich nach meinem Dromedar und fand ihn in einiger Entfernung hinter einem Busche knieend, welcher seinen Kopf gegen den aufgewirbelten Staub schützte.“ Malcolm und Morier, welche die Wüste Persiens durchreist haben, und Ker-Porter, welcher die Wüste östlich vom Euphrat durchforscht hat, stimmen darin mit Burkhardt überein, daß sie, als der Samum sie überraschte, nur ein höchst unangenehmes und selbst peinliches Gefühl empfanden, daß aber ihr Gesundheitszustand in keinerlei Weise beeinflußt wurde.

Nicht blos in den Sandwüsten Afrikas und Asiens treten solche heiße Winde auf, sondern fast in allen Ländern, die der heißen Zone nahe liegen. In Indien sind sie bekannt unter dem Namen „Athem des Teufels“. Sie herrschen vor-

zugsweise in der trockenen Jahreszeit und verbreiten Schrecken und Verwüstung über die Felder. Obschon sie nicht wirklich giftig sind, so ist es doch möglich, daß diese heftigen Winde, welche große Sandmassen mit sich führen und eine Temperatur von mehr als 32° besitzen, nachtheilig auf die Gesundheit einwirken und namentlich den Europäern schädlich werden können, welche sich nicht gegen dieselben zu schützen wissen.

Zur Zeit der Aequinoctien wüthen gewaltige Stürme in den Wüsten. Alle Welt hat von dem glühendheißen Winde der Wüste gehört, dessen Name Samum Fisch bedeutet. Dieser schreckliche Wind bläst auch in Aegypten, wo er Chamsin (Fünfzig) heißt, weil er 25 Tage vor und ebenso lange nach dem Frühlingsäquinoctium beobachtet wird. In der Wüste kündigt er sich dadurch an, daß sich ein dunkler Punkt über den Horizont erhebt, der reißend schnell an Größe zunimmt. Der Himmel überzieht sich mit einem bleifarbigen Schleier, Sandwolken verdunkeln die Sonne und vertrocknen alles Grün. Sobald der Samum zu wehen beginnt, fliegen die Vögel erschreckt davon, der Dromedar drückt sich hinter einen Strauch, wo er Mund und Nase gegen die Staubwolken zu schützen sucht; der Araber verhüllt sein Gesicht und reibt seinen Leib mit Oel, Fett oder flüssigem Schlamm ein, legt sich auf die Erde oder drückt sich hinter einen Baumstamm, bis der schreckliche Wind sich gelegt hat. Der Samum ist der furchtbarste Feind der Karavanen, welche die Sandwüsten Afrikas und Arabiens durchziehen; man schreibt ihm den Untergang des 50,000 Mann starken persischen Heeres zu, welches der verblendete Cambyses zur Unterjochung von Ammonium und zur Zerstörung des dortigen Tempels abgesendet hatte. Im Jahre 1805 begrub der Samum eine ganze Karavane von 2000 Menschen und 1800 Kameelen. Der feine Staub, den die Luft in dichten Wolken mit sich führt, dringt in die Nase, die Augen, den Mund und die Lungen und kann Erstickung herbeiführen. Wenn es auch nur selten bis zu diesem Aeußersten kommt, so dörrt doch die schnelle Verdunstung an der Oberfläche des Körpers die Haut aus, entzündet die Kehle, beschleunigt die Respiration und verursacht quälenden Durst. Der schreckliche Hauch des Samum vertrocknet den Saft der Bäume und läßt durch rasche Verdunstung das Wasser in den Schläuchen der Kameeltreiber verschwinden. Die Karavane verfällt alsdann allen den Schrecken, welche ein brennender Durst schaffen kann, den zu stillen das Wasser fehlt. So ist mehr als eine Karavane in der Wüste zu Grunde gegangen. Deshalb sieht man auch die Straßen, welche gewöhnlich von ihnen innegehalten werden, mit den Skeletten von Menschen und Thieren bedeckt, welche die Zeit und die Sonne gebleicht haben und die gleichsam Wegweiser auf diesen öden Straßen sind.

Herman Vanbery, der als Derwisch verkleidet Central-Asien bereiste, beobachtete einen Sandsturm und die schrecklichen Wirkungen der Hitze auf den mensch-

lichen Organismus, als er die Wüste zwischen Khiwa und Bokhara durchschritt. „Der Ort, wo wir unsere Morgenrast hielten, sagt er, trug den bedeutungsvollen Namen Adamkyrylgam (Todesstätte der Menschen), und man brauchte nur einen Blick um sich zu werfen, um zu sehen, daß er diesen traurigen Namen nicht umsonst führte. Man denke sich ein Sandmeer so weit das Auge reichte, auf einer Seite vom Winde zu wellenförmigen Hügeln aufgethürmt, auf der anderen Seite so eben wie der Spiegel eines Sees, der sich leicht unter dem Hauche des Abendwindes kräuselt. Kein Vogel belebt die Luft, kein Thier die Erde. Keine anderen Spuren sind zu sehen, als die, welche der Tod auf diese weiten Ebenen gedrückt hat, Haufen weißer Knochen, die jeder Vorübergehende sammelt und zusammenträgt zu Marksteinen für nachfolgende Reisende. Die Untersuchung unserer Schläuche ergab, daß wir für mehr als einen Tag mit Wasser versehen waren; allein das Wasser nahm mit überraschender Geschwindigkeit ab. Diese Entdeckung vermehrte die Wachsamkeit, mit der ich meinen Vorrath im Auge behielt; die übrigen Reisenden thaten ein Gleiches, und trotz unserer Unruhe mußten wir bisweilen lächeln, wenn wir einzelne unter uns von Müdigkeit überwältigt einschlafen und dabei ihren Schlauch zärtlich an die Brust pressen sahen. Trotz der drückenden Hitze waren wir genöthigt, bei Tage und bei Nacht Märsche von fünf und sechs Stunden zu machen. Je schneller wir aus dem Sandmeer herauskamen, um so weniger hatten wir von dem Tebbad (Feuerwind) zu fürchten, welcher bisweilen den Reisenden unbarmherzig unter dem Sande begräbt, wenn er ihn mitten zwischen diesen Sandhügeln überrascht. Als wir uns den Bergen näherten, machte der Kervanbaschi uns auf eine Staubwolke aufmerksam, die heranzukommen schien, und hieß uns unverzüglich absteigen. Unsere armen Kameele, die erfahrener waren, als wir, hatten schon das Herannahen des Tebbad gespürt; nach einem verzweifelten Schrei fielen sie auf die Kniee, streckten den Hals auf den Boden und suchten ihren Kopf im Sande zu verbergen. Wir waren eben hinter ihnen niedergekniet, als der Wind mit dumpfem Brausen über uns weg ging und uns mit einer ungefähr zwei Finger dicken Sandschicht überschüttete. Die ersten Sandkörner, deren Berührung ich fühlte, machten auf mich den Eindruck eines wahren Feuerregens. Hätte der Tebbad uns etwa sechs Meilen rückwärts in der Tiefe der Wüste getroffen, so wären wir unfehlbar zu Grunde gegangen. Ich verspürte kein Fieber oder Neigung zum Erbrechen, wie es der Wind hervorrufen soll, doch wurde die Atmosphäre nach seinem Vorüberziehen dicker und drückender. Auch ohne die Wirkung des Tebbad raubte die Erhöhung der Temperatur uns fast alle Kraft, und zwei meiner unglücklichen Reisegefährten, die sich so gut sie konnten neben ihren müden Thieren hinschleppten, erkrankten nach Erschöpfung ihres Wasservorrathes so schwer, daß wir sie der Länge nach auf den Kameelen festbinden mußten, da sie unfähig waren, sich im

Sattel zu halten. So lange sie ein Wort sprechen konnten, tönte fortwährend von ihren trockenen Lippen der Ruf: „Wasser, um Gottes willen einen Tropfen Wasser." Doch selbst ihre besten Freunde blieben unerbittlich und weigerten sich, ihnen den geringsten Schluck dieser kostbaren Flüssigkeit zu opfern, an der unser Leben hing. Als wir am vierten Tage in Medernin-Bulag anlangten, hatte bereits der Tod den einen von den Qualen des Durstes erlöst. Ich sah den Todeskampf des Unglücklichen; seine Zunge war völlig schwarz, der Gaumen bläulichgrau, die Lippen waren trocken wie Pergament, der Mund stand offen, so daß die Zähne bloß lagen. Schwerlich hätte man ihn noch durch einen Trunk retten können, überdies hätte sich wohl niemand dazu verstanden, ihm Wasser zu reichen. Es ist schrecklich zu sehen, wie der Vater vor dem Sohn, der Bruder vor dem Bruder das Wasser verbirgt, wodurch er möglicherweise gerettet werden könnte; allein ich wiederhole es, wenn jeder Tropfen eine Stunde Leben bedeutet und wenn man selbst mit den Qualen des Durstes ringt, so verlieren die edleren Regungen und die Opferwilligkeit, die sich so oft in ähnlichen kritischen Lagen auf das Glänzendste zeigt, gänzlich ihre Herrschaft über das menschliche Herz. Es ist unmöglich, eine auch nur einigermaßen richtige Vorstellung von der durch den Durst verursachten Pein zu geben, ich glaube, daß der Tod selbst nicht von so grausamen Leiden begleitet ist. Anderen Gefahren gegenüber ging der Kampf nie über meinen Muth, hier fühlte ich mich zerschlagen und wie vernichtet und glaubte das Ende meines Lebens gekommen."

Thomas William Atkinson hatte im Jahre 1850 Gelegenheit, die gewaltigen Orkane, die in den mongolischen Steppen hausen, zu beobachten. „Ein feierliches Schweigen, sagt er, herrscht über diesen weiten, dürren Ebenen, die von den Menschen, den Vierfüßlern und den Vögeln gemieden werden. Man spricht wohl von der Einsamkeit des Urwaldes; ich bin tagelang unter seinem dunklen Laubgewölbe dahingezogen, aber man hörte dort das Rauschen des Windes, das Rascheln der Blätter und das Knacken der Zweige; bisweilen weckte auch der Sturz eines vom Alter zermürbten Baumriesen das ferne Echo, trieb das Gethier des Waldes aus seinen Schlupfwinkeln und ließ die Vögel erschreckt und mit lautem Gekreisch umherflattern. Das ist nicht die ächte Einsamkeit: Blätter und Bäume reden eine Sprache, die der Mensch versteht. Aber hier in diesen ausgedörrten Einöden bricht kein Ton das Schweigen des Todes, welches über der Wüste thront. Der Sand war, soweit das Auge reichte, zu kreisförmigen Hügeln aufgethürmt, deren einige 15—20 Fuß hoch waren. Von der Spitze eines der bedeutendsten Hügel gesehen glich das Ganze einem ungeheuren Todtenfelde, das mit unzähligen Grabhügeln besäet war. Während ich eine Zeichnung von der Landschaft entwarf, wurde ich Zeuge von der Entwickelung eines Sturmes über dem See, der von Norden her gerade auf uns los brauste. Die Kosaken führten

Ein Sturm in den mongolischen Steppen.

Digitized by Google

eilig die Pferde hinter einige Sträucher, während zwei von ihnen bei mir blieben. Der Sturm kam mit rasender Geschwindigkeit heran, wirbelte ungeheure Wellen auf und vernichtete die Vegetation auf seinem Wege. Man sah einen weißen Streifen über dem See heranziehen, in der Entfernung einer halben Werst hörte man das Brüllen des Sturmes. Meine Leute drangen in mich, fort zu gehen, ich nahm meine Zeichnung und meine übrigen Sachen und lief eilends zu der übrigen Reisegesellschaft hinter den Sträuchern. Kaum hatte ich diese schwankende Schutzwehr erreicht, als der Orkan losbrach und die Sträucher und das Schilf bis auf den Boden beugte. Als er in den Sand der Steppe eindrang, bildete er kreisförmige Wirbel, hob ganze Sandhügel in die Luft und thürmte andere an bis dahin ebenen Stellen auf; jetzt erkannten wir klar, wie diese scheinbaren Grabhügel entstanden waren. Der Sturm hielt nur eine kurze Zeit lang an; in einer Viertelstunde war er vorübergebraust und die frühere Stille zurückgekehrt. Höchst gefährlich wird dieser dem Teifun ähnliche Orkan, wenn er den Reisenden in der Ebene überrascht. Später habe ich ihn von den Bergen herabkommen oder sich in den tiefen Thaleinschnitten erheben sehen in Gestalt einer dichten schwarzen Wolke, die mehr als 3000 Fuß Durchmesser hatte und sich mit der Geschwindigkeit eines Rennpferdes über die Steppe hinwälzte. Alle Thiere, die wilden sowohl als die Hausthiere, fliehen in athemlosem Schrecken; die prächtigen wilden Pferde jagen im wildesten Galop davon; gerathen sie in den Bereich des Sturmes, so sind sie rettungslos verloren."

In Europa kennt man als heiße Winde den Sirocco in Italien und den Solano in Spanien; beide versetzen die Menschen in einen Zustand völliger Ermattung durch die entnervende Hitze, welche sie bringen. Brydone, der sich am 8. Juli 1770 in Palermo befand, als der Sirocco wehte, sagt: „Um acht Uhr Morgens öffnete ich meine Thür, ohne Ahnung von dem Wechsel der Temperatur, und erfuhr eine Ueberraschung wie niemals früher in meinem Leben. In meinem ganzen Gesichte verspürte ich plötzlich eine ähnliche Empfindung, als würde ich von der heißen Luft eines Backofens getroffen. Ich zog eilig meinen Kopf zurück und schloß die Thür, indem ich meinem Reisebegleiter zurief, die ganze Atmosphäre sei eine Gluth; das Thermometer zeigte 35 Grad." Ein Arzt der französischen Armee in Algier beschreibt den Sirocco, den er auf dem Marsch zwischen Oran und Tlemken kennen lernte, folgendermaßen. „Es war gegen Ende des Juli 1846; eine beträchtliche Zahl von Soldaten war durch die Hitze getödtet worden, denn der Sirocco belästigte unsere kleine Colonne. Unter der Einwirkung seiner trockenen, schweren und entnervenden Luft wird das Athmen beschwerlich und keuchend. Von dem glühenden Sande getroffen, den der Wind aus der Wüste herbeitrieb, sprangen die Lippen auf und wurden trocken und schmerzhaft. Die Kehle war wie zugeschnürt und es lag auf uns wie Alpdrücken. Im Gesicht

spürte man die heißen Luftstöße, denen bisweilen ein plötzlicher Schauder und ohnmachtähnliche Ermattung folgte. Der Schweiß floß stromweise herab, und das Wasser, welches wir reichlich tranken, ohne Linderung des Durstes zu verspüren, vermehrte noch das Unwohlsein, die Schwerathmigkeit und das drückende Gefühl auf den Unterleib. Unter dem Zelte glaubte man zu ersticken und in der freien Luft nahm der glühendheiße Wüstenwind uns den Athem. Unsere Schaar wäre verloren gewesen, hätte unser Wasservorrath nicht ausgehalten.

## Fünftes Capitel.

# Die Mächte der Luft.

Die beiden großen Ströme, von denen, wie wir oben gesehen, der eine vom Pol zum Aequator, der andere vom Aequator zum Pol strömt, vollführen ihren Kreislauf nicht ohne sich aneinander zu stoßen, namentlich in den Gegenden, wo der eine in den andern übergeht, d. h. in der Tropenzone. Verschiedene Ursachen wirken der allgemeinen periodischen Thätigkeit der Sonnenstrahlen entgegen und treten der gewöhnlichen regelmäßigen Verschiebung der Luft hindernd in den Weg. Zunächst bewirkt die ungleiche Temperatur der Continente und der Meere eine Aenderung der normalen Richtung und Stärke der Ströme. Je nachdem der Himmel unter den Tropen längere Zeit heiter oder bedeckt ist, wird die Wärme hier wie in einem Brennpunkt concentrirt oder über weite Gegenden verstreut. Die unebene Gestaltung des Bodens, hohe Bergketten, weniger hohe Plateaus und selbst niedrig gelegene Thäler bewirken hier eine Ansammlung von Luftmassen, dort das Abfließen derselben nach verschiedenen Richtungen, und anderwärts zwingt die Bodengestaltung die Luftströme, seitwärts auszuweichen und Wirbel zu bilden, wie es das Wasser eines Flusses thut, oder sich mit Gewalt einen Weg zu bahnen mitten durch die Hindernisse hindurch, die ihren Zorn herausfordern. Winde, die sich begegnen, können sich vereinigen oder mit einander ringen, ihre Gewalt gegenseitig verstärken oder schwächen; so entstehen die starken Winde, die Stürme und Orkane. Diese Kämpfe in der Atmosphäre, welche bisweilen gigantische Proportionen annehmen, versetzen die Natur in den wildesten Aufruhr. Dem mühsamen und ausdauernden Studium der Meteorologen und der Seeleute ist es bereits gelungen, die Hauptgesetze, welche hier zu gelten scheinen, zu ergründen. Die großen Arbeiten Redfields und Reids in Amerika, Doves in Berlin und des englischen Admirals Fitz-Roy haben es möglich gemacht, eine Theorie der

Stürme aufzustellen, welche diese gewaltigen Bewegungen der Atmosphäre erklärt. Wir werden im Folgenden den Arbeiten dieser Forscher folgen, um diese Mächte der Luft näher kennen zu lernen. — Eines der Hauptresultate dieser Untersuchungen ist die Gewißheit, daß die Orkane in einer gekrümmten Linie fortschreiten, wobei die Luftmassen sich gleichzeitig horizontal mit großer Geschwindigkeit um sich selbst drehen. Wegen dieser charakteristischen drehenden Bewegung hat man diese gigantischen Wirbelstürme Cyklonen genannt (vom griechischen κύκλος, Kreis); sie sind ächte, weit verbreitete Orkane und entstehen nicht, wie die kleinen localen Stürme, durch eine Ablenkung, die der Wind durch die Bodengestaltung erleidet, oder durch das Zusammentreffen verschiedener gewöhnlicher Luftströmungen, sondern erstrecken sich gleichzeitig über einen Flächenraum von mehreren hundert Quadratmeilen und durcheilen oft mehr als tausend Meilen.

Die Cyklonen sind große Luftwirbel von gewaltigem Durchmesser, in denen die Heftigkeit des Windes überall von der Peripherie nach der Mitte hin zunimmt, während in diesem Centrum, das sehr verschiedene Ausdehnung besitzt, die Luft ganz ruhig ist, obschon das Meer hier ebenfalls furchtbar bewegt ist. In dieser Region, wo Windstille herrscht, ist der Himmel oft klar, die Sonne leuchtet, bei Nacht glänzen die Sterne und man glaubt, daß gute Witterung und mit ihr vollkommene Sicherheit zurückgekehrt sei, während man doch rings von einem weiten Gürtel der heftigsten Stürme umgeben ist, welche auch hier noch wüthen werden. In der nächsten Nähe dieser ruhigen Mitte, in der sogenannten centralen Region, vollzieht sich die drehende Bewegung mit ungeheurer Energie, steigert sich hier bis zu ihrer höchsten Höhe, und ist an keinem anderen Punkte des Orkans so gewaltig. Gelangt man daher aus dieser centralen Region in die ruhige Mitte, so kommt man aus dem wüthendsten Sturm in die tiefste Windstille und geräth umgekehrt beim Verlassen der Mitte aus der tiefsten Windstille in den heftigsten Sturm; jetzt aber blasen die Windstöße gerade entgegengesetzt zu der Richtung, aus der sie vor dem Betreten der Mitte wehten, wie es die nothwendige Folge der rotirenden Bewegung ist.

Der Hauptbestandtheil des Sturmes, der rund um die ruhige Mitte herumgelagert ist und dessen Vorüberziehen alle die schrecklichen Zerstörungen im Gefolge hat, mißt gewöhnlich 50 bis 60 Meilen im Durchmesser; wenn auch das ganze Phänomen sich bis auf weit größere Entfernungen erstreckt, so nimmt doch die Gewalt immer mehr mit der Entfernung von der centralen Region ab. Die Drehungsgeschwindigkeit der Orkane ist sehr verschieden; sie bedingt vorzugsweise die Gewalt des Windes und läßt den letzteren bald als heftigen Orkan, bald als Sturm, bald nur als starken Wind erscheinen. Man nimmt an, daß bei den heftigen Wirbelstürmen die Luft sich um den Mittelpunkt mit einer Geschwin-

digkeit von 32 Meilen in der Stunde dreht, wodurch sich die Verwüstungen und Zerstörungen auf dem Wege dieser schrecklichen Naturerscheinung erklären.

Gewöhnlich entsteht der Wirbelsturm in den Gegenden zwischen dem 5. und 10. Breitengrade. Sowie er sich gebildet hat, stürmt er auf unserer Halbkugel in nordwestlicher Richtung fort und hält diese Richtung bis zu einem gewissen Breitengrade ein, wo er sich gegen Nordost wendet, so daß er eine Art Parabel beschreibt, deren beide Aeste sich mehr oder weniger von einander entfernen. Die verschiedene Dichtigkeit der Luftschichten, denen er auf seinem Wege begegnet, sowie die Rotationsbewegung selbst müssen ihm eine oscillirende Bewegung ertheilen, so daß er nicht eine rein parabolische Linie, sondern eine Art Spirale beschreibt, die sich um die Parabel hinumschlingt. Die Schiffe, welche sich in der Nähe des Centrums befinden, haben unter dieser oscillirenden Bewegung schwer zu leiden, indem dieselbe furchtbare Windstöße hervorruft, denen eine mehr oder weniger tiefe Windstille folgt. Hieraus entspringen jene angstvollen Situationen, wo das unglückliche Schiff den Wind mehrere Male sehr schnell die ganze Windrose durchlaufen sieht. Dies plötzliche und schreckliche Umspringen des Windes, welches man früher als die Haupteigenthümlichkeit der Orkane, Teifune, Tornados 2c. ansah, kann also nur für solche Orte stattfinden, die sich unmittelbar auf dem Wege des Centrums eines Wirbelsturms oder doch sehr nahe dabei befinden, wie es auch die Erfahrung bestätigt.

Der Wirbelsturm birgt den Keim seiner Auflösung in sich. Bei seinem Fortschreiten gelangt er in Gegenden, die kälter sind, als die Region seines Ursprungs; die Wasserdämpfe, die er mit sich führt, verdichten sich daher zu gewaltigen Regengüssen, die Elektricität entladet sich in heftigen Blitzen und nun wächst der Durchmesser des Wirbels bis zu ungeheuren Dimensionen, wobei aber in demselben Maße die Gewalt des Sturmes abnimmt. An seinem Ausgangspunkte mißt sein Durchmesser nur wenige Meilen, dehnt sich aber auf mehr als hundert Meilen an dem Punkte aus, wo er gewissermaßen in sich zusammenbricht, was meistens zwischen dem 40. und 45. Breitengrade stattfindet. Je schneller sich die elektrischen Entladungen folgen, um so rascher naht sich das Ende des Sturmes; so kommt es, daß ein Wirbelsturm bisweilen auf seinem Wege inne hält, ehe er höhere Breiten erreicht, und den zweiten Ast der Parabel, die nun unvollendet bleibt, nicht beschreibt. Man hat gefunden, daß zwischen dem 5. und 10. Breitengrade, wo der Sturm seinem Ausgangspunkte noch nahe ist, die Geschwindigkeit seines Fortrückens nur geringe ist und zwischen einer Viertelmeile und einer Meile für die Stunde schwankt, aber in dem Grade wächst, als er in höhere Breiten gelangt und weiter nach Westen fortschreitet. Zwischen dem 35. und 45. Breitengrade beträgt diese Geschwindigkeit $1^1/_4$ bis $2^1/_2$ Meilen und wächst in noch nördlicher gelegenen Gegenden bis auf 5 Meilen. Am schnellsten unter

allen beobachteten Cyklonen schritt der Wirbelsturm vom August 1853 fort, der von den Antillen bis zu der Bank von Neufundland mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 7 Meilen fortrückte, worauf diese Geschwindigkeit bis auf 10, ja selbst bis auf 12 Meilen stieg; hierbei ist die drehende Bewegung, die sich in der Stunde bis auf 32 Meilen steigert, nicht berücksichtigt, woraus folgt, daß der Wind auf dem Meere eine Geschwindigkeit von gegen 40 Meilen erlangen kann.

Die Cyklonen verdanken ihr Entstehen höchst wahrscheinlich dem Zusammentreffen zweier Luftströmungen, welche in entgegengesetzter Richtung fließen. Die Stelle, wo die beiden Ströme auf einander stoßen, bildet einen neutralen Punkt, um den die Luft unter Einwirkung der entgegengesetzten Ströme in kreisende Bewegung geräth, ähnlich wie wir in einem Flusse Wirbel entstehen sehen. Alle diese ungeheuren Wirbelstürme bilden sich zu beiden Seiten des Aequators an den Stellen und zu den Zeiten, wo die regelmäßigen Winde wechseln. Die sorgfältigen Untersuchungen Poey's in Havanna über die Stürme, welche seit der Entdeckung Amerikas in Westindien wütheten, ergeben, daß von 365 großen Cyklonen 245, d. h. mehr als zwei Drittel, in den Monaten August, September und October stattfanden, d. h. während der Zeit, wo das stark erhitzte südamerikanische Festland anfängt, die kältere und dichtere Luft von Nordamerika herbeizuziehen. Im indischen Ocean treten die Cyklonen am häufigsten zu der Zeit ein, wo die Monsune wechseln. Zu dieser Zeit des Ueberganges beginnen die gewaltigen mit Elektricität geschwängerten Luftmassen um die Herrschaft zu ringen und erzeugen bei ihrem Zusammentreffen diese großen Wirbel, die sich spiralförmig über Meere und Länder fortpflanzen. Indessen setzt der Wirbel den Luftocean nur bis zu geringer Höhe in Bewegung; nach Bridet erstrecken sich die Orkane des indischen Oceans durchschnittlich bis 9000 Fuß, und nach Redfield gehen die Wirbelstürme der Antillen nur bis 5500 Fuß Höhe. Sehr oft ist die Dicke der kreisenden Luftschicht noch geringer, und oft sieht das vom Orkan herumgeschleuderte Schiff den blauen Himmel oder die Sterne; oberhalb des Wirbelsturms halten die Winde ihren regelmäßigen Gang ein.

Dove beweist in seinem „Gesetz der Stürme“, daß eine wirbelnde Bewegung jedesmal eintritt, wenn sich irgend ein Hinderniß dem regelmäßigen Wechsel des Windes, wie er durch die Erdrotation bedingt ist, entgegenstellt und also die regelmäßige Drehung der Windfahne an irgend einem Punkte beeinträchtigt. „Da die westindischen Orkane, sagt er, an der inneren Grenze der Passate entstehen, da wo in der sogenannten Gegend der Windstillen die Luft aufsteigt, welche dann über dem unteren Passat in entgegengesetzter Richtung abfließt, so sind es wahrscheinlich Theile dieses oberen Stromes, welche, in den unteren eindringend, die erste Veranlassung zu diesen Stürmen werden. Warum aber der

Sturm anfänglich von Südost nach Nordwest fortschreitet, möchte dadurch erklärt werden, daß diese Richtung eben zur Entstehung einer wirbelnden Bewegung am günstigsten ist. Geschieht nämlich, was auch vorkommen mag, der erste Impuls von Südwest nach Nordost, so wird der entgegenwehende Nordost-Passat alle Punkte der fortrückenden Linie gleichmäßig hemmen, also keine Tendenz zum Wirbel entstehen. Denken wir uns nun, daß die über Asien und Afrika aufsteigende Luft in der Höhe der Atmosphäre seitlich abfließt, wofür die beobachteten Fälle von Staub so evident sprechen, der am Pic von Teneriffa sich so mächtig erhebt, daß er in der Höhe von 10,700 Fuß noch die Sonne vollständig zu verdunkeln vermag, ehe er in die untere Wolkenschicht hinabsinkt, so wird sie dem oberen Passat seine Rückkehr nach den Wendekreisen versperren und ihn zwingen, in den unteren einzubringen, und die Stelle dieses Eindringens wird fortschreiten in dem Maße, als der obere hemmende Wind von Ost nach West fortschreitet. Aus einem von Ost nach West gerichteten in einen von Südwest nach Nordost fließenden Strom einfallenden Winde muß aber nothwendig eine wirbelnde Bewegung, entgegengesetzt der Bewegung eines Uhrzeigers, entstehen. Der im unteren Passat von Südost nach Nordwest fortschreitende Wirbel ist demnach das nach einander an verschiedenen Stellen erfolgende Zusammentreffen zweier rechtwinklig auf einander fortgetriebenen Luftmassen, und dies die primäre Ursache der Drehung. Hierbei kann der entstehende Wirbel als eine sich an verschiedenen Orten wiederholende Folge des Zusammentreffens seinen Durchmesser möglicherweise längere Zeit beibehalten und in besonderen Fällen sogar verkleinern, wenn auch die Erweiterung überwiegend eintreten wird. Es ist übrigens klar, daß wenn die gegebene Ableitung der wirbelnden Bewegung die richtige ist, ein Wirbel in dem angegebenen Sinne auch entstehen muß, wenn durch eine andere mechanische Ursache die Richtung eines in höhere nördliche Breiten dringenden Stromes auf der Ostseite südlicher wird, als auf der Westseite, wo sie mehr West ist. Ein solcher Fall war bei dem Sturm vorhanden, welcher am 3., 4. und 5. Juni 1839 die Bai von Bengalen traf."

Der Name Cyklonen oder Wirbelstürme ist gewissermaßen eine geometrische Bezeichnung für die älteren Namen Hurricans an der amerikanischen Küste, Tornados an den Küsten Afrikas, Teifune in den chinesischen Gewässern. Diese letzteren Stürme gehören derselben Gattung an, wie die Cyklonen des atlantischen Oceans. Dampier beschreibt das Herannahen des Teifuns mit der ihm eigenen Genauigkeit folgendermaßen: „Die Teifune sind eine besondere Art heftiger Winde, die an den Küsten Tonquins und an den nahegelegenen Gestaden in den Monaten Juli, August und September wüthen; meistens brechen sie um die Vollmondszeit los, voran geht gewöhnlich sehr schöne Witterung bei schwachem Winde und klarem Himmel. Dieser schwache Wind ist der regelmäßige Passat

(Monsun), der in dieser Jahreszeit aus Südwest weht und nach Nord und Nordost umgeht. Vor dem Ausbruch des Sturmes bildet sich eine dichte Wolke im Nordosten; sie ist in der Nähe des Horizontes sehr dunkel, am oberen Rande kupferfarbig und wird immer heller nach dem rechten Rande hin, welcher lebhaft weiß ist. Der Anblick dieser Wolke, welche sich oft 12 Stunden vor dem Ausbruch des Sturmes bildet, hat etwas Befremdendes und Erschreckendes. Sobald sie sich schnell zu bewegen beginnt, stellt sich der Wind fast unmittelbar ein, nimmt rasch an Kraft zu und bläst etwa 12 Stunden lang mit großer Heftigkeit aus Nordost. Meistens begleiten ihn schreckliche Donnerschläge, zahlreiche und breite Blitze und gewaltige Regengüsse. Sobald der Wind nachzulassen anfängt, hört er fast sofort gänzlich auf, und es folgt eine vollkommene Windstille, die etwa eine Stunde anhält, worauf der Sturm aus Südwesten einsetzt und jetzt mit derselben Gewalt weht, wie vorhin aus Nordost, während es gleichzeitig wieder heftig regnet."

Die von dem Centrum beschriebene Linie theilt den Sturm in zwei Hälften, die einen etwas verschiedenen Charakter tragen. In dem einen Theil erfolgen die drehende und die fortrückende Bewegung in demselben Sinne, während in dem andern der Wirbel der fortschreitenden Bewegung entgegengesetzt ist. Hieraus folgt, daß an zwei Punkten in beiden Halbkreisen, die gleichweit vom Centrum entfernt sind, die Windstärke nicht gleich sein kann, vielmehr muß es in dem ersten Halbkreise heftiger wehen, als in dem zweiten, weshalb man auch den ersten den gefährlichen, den zweiten den erträglichen Halbkreis nennt. Auf der nördlichen Halbkugel dreht sich die Luft für einen im Centrum stehenden Beobachter von rechts nach links und der gefährliche Halbkreis liegt daher rechts von der Bahn des Sturmes; auf der südlichen Halbkugel wirbelt die Luft im entgegengesetzten Sinne und der gefährliche Halbkreis liegt daher links von der Bahn.

Die Richtung des Windes in irgend einem Punkte des Wirbelsturms weicht nur wenig von der Tangente ab, die sich in diesem Punkte an den Kreis ziehen läßt, dessen Mittelpunkt das Centrum des Sturmes ist, und steht mithin fast genau senkrecht auf der Linie, welche den Ort mit dem Centrum verbindet. Wendet man daher das Gesicht dem Winde entgegen, so hat man auf der nördlichen Halbkugel das Centrum des Sturmes zur Rechten, auf der südlichen Halbkugel dagegen zur Linken, beide Male aber in einer zum Winde senkrechten Richtung. Auf diese durch vielfache Beobachtungen über jeden Zweifel erhabene Thatsache gründen sich die Theorieen über die Mittel, das Centrum eines Wirbelsturms zu vermeiden, indem man sich von der Linie seiner Bahn entfernt. Je näher man dem Centrum ist, um so heftiger stürmt es und um so jäher ändert sich die Windrichtung. Mithin wird hier auch der Seegang am schlimmsten sein, denn das Meer wird hier in sehr kurzen Zwischenräumen von ganz verschiedenen und

überaus heftigen Winden getroffen und zwar nachdem es zuvor durch verhältnißmäßig constante Winde bestrichen worden war, welche lange genug anhielten, um die Wellen zu erregen und ihnen eine Richtung zu verleihen, die von der jetzigen Windrichtung abweicht. Hieraus entspringt ein Wirrwarr von kurzen aber hochgehenden Wellen, die aus allen Richtungen kommen und in schrecklicher Weise dem unglücklichen Schiffe zusetzen, welches sie umherschleudern. Vor allem muß man der heranziehenden Mitte des Wirbels aus dem Wege zu gehen suchen, und kann hierbei nach dem Gesagten nicht zweifelhaft sein über die einzuschlagende Richtung. Die Mitte des Sturmes kann entweder gerade auf das Schiff losrücken oder zu einer der beiden Seiten vorüberziehen. Im ersten Falle ändert sich die Richtung des Windes nicht, doch nimmt die Gewalt des Sturmes immer mehr zu. Befindet sich das Schiff links von der Bahn, so dreht sich der Wind allmählig gegen die Sonne, also von rechts nach links, während er sich im entgegengesetzten Sinne dreht, wenn sich das Schiff rechts von der Bahn des Sturmes befindet. Hiernach kann man die Stellung, welche das Schiff zu dieser Bahn einnimmt, leicht erkennen, und der Capitain muß nun soviel wie möglich bestrebt sein, das Schiff aus der Nähe der Bahn fortzubringen. Für ein Dampfschiff, welches immer Herr seiner Bewegungen ist, giebt es kaum noch eine eigentliche Gefahr von einem Wirbelsturm. Allerdings kann es in den weiteren Wirbel hineingerathen und heftigen Sturm zu erdulden haben, nicht aber die entsetzlichen Windstöße und das jähe Umspringen des Windes, die fast gewisses Verderben bringen. Für einen unterrichteten Capitain ist ein Wirbelsturm nicht schlimmer, als ein gewöhnlicher Sturm; er kennt genau den Verlauf, weiß im Voraus, nach welcher Richtung der Wind sich drehen wird, und versteht es, das Centrum zu vermeiden, dessen Vorüberziehen unausbleibliches Verderben bringt.

Die ersten Vorzeichen eines Wirbelsturms verrathen sich in dem Zustande des Himmels. Einige Tage vor dem Orkan nehmen die Wolken beim Auf- und Untergange der Sonne eine orangerothe Färbung an, die sich in dem Meere wiederspiegelt. Diese prachtvolle Färbung vermehrt noch die Schönheit dieses so glänzenden Schauspiels und erfüllt mit Staunen und Entzücken den Beobachter, der nichts von der drohenden Gefahr ahnt, die hinter diesem glänzenden Gemälde lauert. Je näher der Ausbruch des Sturmes ist, um so lebhafter tritt diese rothe Färbung hervor und geht in Kupferroth über. Nun spannt sich ein dichtes, schwärzliches Band über den Himmel und verleiht ihm ein düsteres Aussehen. Die Gipfel der Haufwolken sind kupferroth gefärbt und strahlen diese Farbe auf das Meer und alle irdischen Gegenstände, so daß die ganze Atmosphäre gleichsam von einem metallischen Glanze durchglüht ist. Die Vögel des Meeres sammeln sich in großer Hast und eilen dem Lande zu, um Schutz zu suchen gegen den Sturm, den sie ahnen, und um dem Tode zu entgehen, der sie auf dem Meere ereilen würde.

Nichts aber verkündet den Orkan sicherer und deutlicher vorher, als der Gang des Barometers. Da der Luftdruck von dem Umfange des Wirbels nach der Mitte hin abnimmt, so verräth sich das Herannahen des Sturmes stets durch ein starkes Sinken des Quecksilbers, wie auch in unseren gemäßigten Breiten ein Fallen des Barometers den Stürmen vorangeht, welche gewissermaßen nur Ausläufer der tropischen Cyklonen sind. Das Barometer beginnt bereits 12, 24 und selbst 48 Stunden vor dem Eintreffen des Sturmes zu fallen. Eine absolute Windstille, begleitet von heißer und erstickender Luft, herrscht etwa 24 Stunden lang, die Natur scheint alle ihre Kräfte zu dem Werke der Zerstörung zu sammeln, welche später den Gang der schrecklichen Naturerscheinung begleitet. Welchen Weg nun auch der Sturm einschlagen mag, stets ist man der Mitte sehr nahe, wenn das Barometer zu fallen aufhört. Es tritt nun ein Schwanken in dem Druck der Luft ein, indem das Quecksilber 2 bis 3 Stunden lang bald steigt, bald fällt. Es ist dies ein sicheres Zeichen, daß jetzt das Centrum in der Nähe vorübergeht, und daß mithin die größte Heftigkeit des Sturmes überstanden ist und die Windstöße jetzt an Heftigkeit abnehmen werden.

Das Fallen des Barometers ist um so größer, je bedeutender die Luftverdünnung im Centrum ist. Die Ursache dieser Verdünnung liegt vorzugsweise in dem Umstande, daß in der ruhigen Mitte die Luft nach oben strömt, gleich als würde sie emporgesogen. In jedem Punkte der Cyklone weicht die Richtung des Windes ein wenig von der Tangente nach innen hin ab, so daß die bewegten Luftmassen in Spirallinien der Mitte zuströmen, wo sie in die Höhe steigen, um nach außen geschleudert zu werden, wie man deutlich aus der Bewegung der Wolken erkennen kann. Während also unten der Wind in Spiralwindungen allmählig nach innen strömt, treibt er oben die flüchtigen Sturmwolken in Spiralwindungen nach außen fort und entfernt sie von der Axe der Cyklone. Die Luftverdünnung nimmt in demselben Grade zu, wie die Geschwindigkeit der drehenden Bewegung. Das Barometer fällt daher um so tiefer, je heftiger die Gewalt des Windes ist, und steht bei denjenigen Wirbelstürmen am tiefsten, welche die ärgsten Verheerungen anrichten. Bei dem schrecklichen Wirbelsturm, welcher am 2. August 1837 über die Insel St. Thomas hinzog, hielt das Barometer folgenden Gang ein. Am Abend des 1. August zeigte es 337 Linien, am 2. August um 2 Uhr Morgens 335. Um diese Zeit setzte der Sturm aus Norden ein und steigerte sich immer mehr, während das Quecksilber allmählig auf 330 Linien hinabging. Um 6 Uhr war der Sturm zum heftigsten Nordwest-Orkan angeschwollen und raste bis $7^1/_2$ Uhr, wobei das Barometer auf 316 Linien fiel. Jetzt trat vollkommene Windstille ein, die eine Stunde anhielt; das Barometer verharrte auf seinem tiefen Stande. Alsbald aber brach der Orkan von Neuem los, jetzt aus Südost wehend, und hielt bis gegen 2 Uhr an, während das Barometer sich allmählig auf 333

Linien hob, um beim Erlöschen des Sturmes um 9 Uhr Abends auf 337 zu steigen.

Diese tiefgehenden Störungen in der Atmosphäre, sagt Reclus, sind vielleicht nächst den großen vulkanischen Ausbrüchen die schrecklichsten Naturerscheinungen auf unserem Planeten, und man begreift, daß in der Mythologie der Hindus Rudra, der Gott der Winde und Stürme, zuletzt unter dem Namen Siwa der Gott der Zerstörung und des Todes wurde. Schon einige Tage vor der Entfesselung des schrecklichen Sturmes erscheint die ganze Natur trübe und wie verschleiert, als ob sie das Verderben ahne. Kleine weiße Wolken, die in der Höhe mit dem Gegenpassat dahintreiben, verschwinden unter einem gelbrothen Dunste, die Gestirne umziehen sich mit schwach irisirenden Höfen, mächtige Wolkenmassen, die des Abends in den herrlichsten Farben von Purpur und Gold strahlen, lagern schwer an dem Horizonte; die Luft ist erstickend heiß, als ströme sie aus der Oeffnung eines mächtigen Ofens. Der Sturm, der bereits in den höheren Schichten wirbelt, nähert sich allmählig der Oberfläche des Bodens und des Meeres. Große Wolkenfetzen werden von dem röthlichen oder schwarzen Gewölk durch die Wuth des Sturmes fortgerissen, der hernieder taucht und durch die Lüfte dahinsaust. Das Quecksilber im Barometer fällt reißend schnell; die Vögel sammeln sich, als wollten sie Rath halten, und entfliehen sofort mit eiligem Flügelschlage, um dem Sturm zu entrinnen. Alsbald zeigt sich eine dunkle Masse an dem gefahrdrohenden Theile des Himmels, schwillt an, dehnt sich aus und verhüllt das Blau des Himmels mit dem Schleier der Finsterniß und einem blutrothen Glanze. Es ist der Wirbelsturm, der herabsinkt und von seinem Reiche Besitz ergreift, indem er seine ungeheuren Windungen rund um den Horizont zieht; einem beängstigenden Schweigen folgt jetzt das Brüllen der Luft und des Meeres.

Beim Beginn des Wirbelsturms erhebt sich bisweilen ein eigenthümliches dumpfes Geräusch und verhallt wieder „gleich dem Seufzen des Windes in alten Häusern während der Winternächte“ (Piddington). Ein ähnliches von der offenen See herübertönendes Geräusch, welches den Stürmen vorangeht, wird in England „der Ruf des Meeres“ genannt. Die Windstöße, welche während des Sturmes die Luft zerreißen, werden bald mit dem Gebrüll wilder Thiere, bald mit einem Gewirr von unzähligen, ängstlich schreienden Stimmen verglichen. Auf der Bahn des Centrums glaubt man Kanonenschüsse oder fortwährendes Rollen des Donners zu vernehmen, so gewaltig spricht hier die Stimme des Orkans und übertäubt jedes andere Geräusch.

Der Widerstand, den der Wind auf dem Lande an den Unebenheiten des Bodens findet, macht die Orkane auch hier zu so schrecklichen Naturerscheinungen. Die Gebäude werden von den Fundamenten gerissen, das Wasser der Flüsse

aufgestaut und gegen die Quelle getrieben, alleinstehende Bäume zersplittert oder entwurzelt, die Wälder werden hingestreckt, als wären sie eine einzige Masse, abgerissene Zweige und zerfetzte Blätter wirbeln in den Lüften, selbst das Gras wird ausgerissen und vom Boden weggefegt. Gewöhnlich begleiten elektrische Entladungen den Wirbelsturm und vermehren noch die Verheerungen. Die Blitze sind bisweilen so zahlreich, daß sie wie Feuercascaden ganze Flächen des Himmels bedecken. Die elektrische Spannung ist so groß, daß man, wie Reid erzählt, einmal elektrische Funken aus dem Körper eines Negers springen sah. Auf der Insel St. Vincent starb ein ganzer Wald ab, obschon kein einziger Stamm umgestürzt war; am Bodensee wurde eine große Anzahl von Bäumen, die der Sturm nicht entwurzelt hatte, vollständig der Rinde beraubt.

Die ärgsten Verwüstungen werden auf den Inseln und an den Küsten angerichtet, weil hier der Sturm mit voller Gewalt eintrifft und noch nicht durch die Hindernisse am Boden beeinträchtigt worden ist. Hier gehen auch die meisten Menschenleben zu Grunde, weil sich die Schiffe in den Häfen ansammeln, und weil flache Küsten oft bis auf weite Entfernungen von den Sturmfluthen überschwemmt werden. In Calcutta zerschmetterte der Wirbelsturm des Jahres 1864 in wenigen Stunden mehr als 150 große Schiffe, und bei der großen Sturmfluth, welche im October 1737 das Gangesdelta verheerte, ertranken mehr als 20,000 Menschen.

Auf dem offenen Meere laufen die Schiffe geringere Gefahr, als in den Häfen oder auf schlecht geschützten Rheden; dagegen ist hier der Eindruck für den Seemann um so schrecklicher, da er mitten in dem furchtbaren Orkan vollkommen vereinsamt ist. Um ihn ist es finster, das wenige Licht reicht gerade hin, um die schwarze Färbung des Himmels erkennen zu lassen. Das Heulen und Pfeifen des Windes, das Brausen der zusammentreffenden Wogen, das Krachen der splitternden Masten, das Dröhnen der Planken — Alles vereinigt sich zu einem schrecklichen, unbeschreiblichen Getöse, welches selbst das Rollen des Donners übertäubt. Die Wellen ziehen nicht in langen, gewaltigen Zügen dahin, vielmehr scheint das Meer zu kochen und wallt rings empor, als würde es durch das Feuer unterseeischer Vulkane zum Sieden gebracht. Die Wolken ziehen ganz niedrig, so daß sie fast über das Meer hinfegen, und erglänzen oft in solcher Gluth, als wäre hinter ihnen die Hölle verborgen. Im Zenith erscheint inmitten der Finsterniß ein weißlicher Raum, den die Seeleute das Auge des Sturmes nennen, gleichsam als ob in dem Sturme ein Gott herniederstiege, um sie zu erfassen und zu vernichten. Sicherlich verdienen die kühnen Männer, die mitten in dem Orkan mit den Elementen ringen und dem Tode trotzend ihr segelloses und entmastetes Schiff noch zu lenken und dem Sturm zu entreißen trachten, in hohem Grade unsere Bewunderung.

Die Japanesen, die so oft die Wuth der Wirbelstürme erdulden müssen, haben den Geist des Sturmes als „Drache der Teifune" personificirt und stellen ihn dar als ein Ungethüm, das sich inmitten eines schwarzen Regens aus den Wolken herabstürzt. Den Gott des Donners bilden sie als einen Greis mit struppigem Haar ab, der eine Anzahl von Trommeln schüttelt, und den Gott

Der Drache der Teifune nach einer japanesischen Zeichnung.

der Winde als einen durch die Luft fliegenden Mann, der auf seinen Schultern einen geblähten Schlauch trägt.

Um die verheerenden Wirkungen dieser gewaltigen Stürme besser zu würdigen, wollen wir einige der bedeutendsten näher beschreiben. Am 10. October 1780 wüthete einer der schrecklichsten Wirbelstürme aller Zeiten in den westindischen Gewässern und brachte alle Schrecken dieser gewaltigen Naturerscheinungen

Digitized by Google

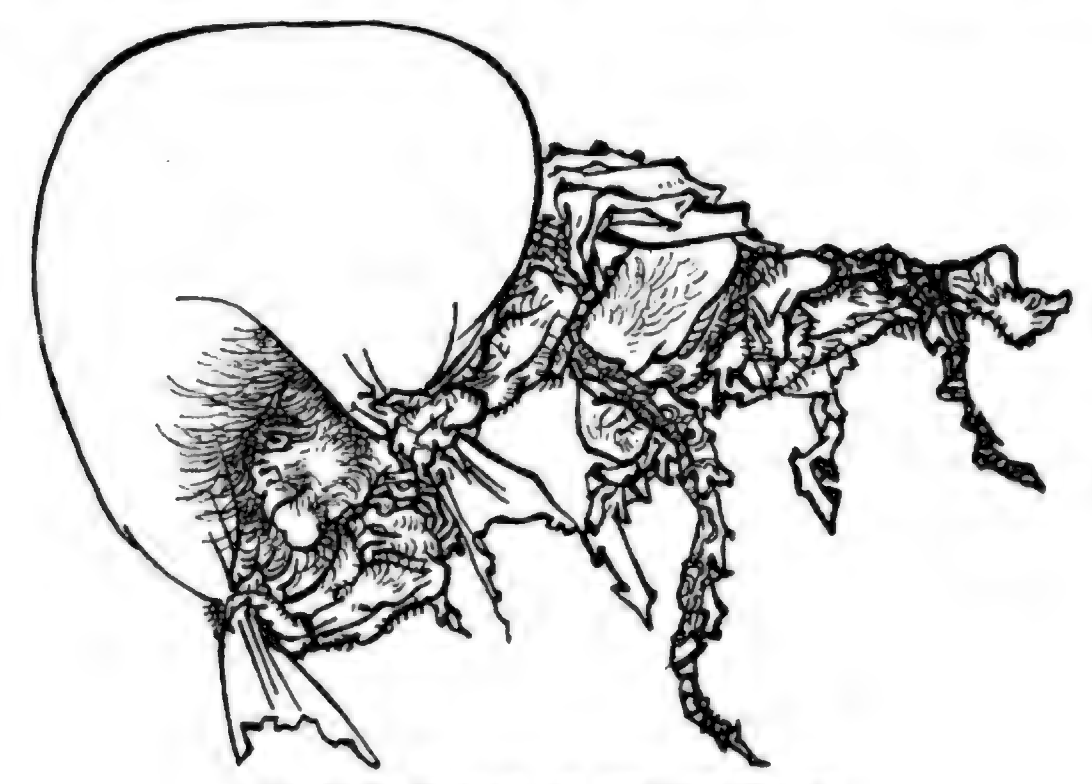
in so hohem Maße, daß man ihn speciell den „großen Orkan" genannt hat. Von Barbados ausgehend, wo kein Baum und kein Haus aufrecht blieb, vernichtete er eine englische Flotte, die vor St. Lucia ankerte, und verheerte diese Insel vollständig, wobei 6000 Menschen unter den Trümmern der Gebäude begraben wurden. Nun richtete der Wirbel seinen Lauf gegen Martinique, erfaßte eine französische Transportflotte und versenkte mehr als 40 Schiffe, die 4000 Mann Truppen an Bord hatten. „Die Fahrzeuge des Geschwaders verschwanden", lautet der lakonische Ausdruck, dessen sich der Gouverneur in seinem Berichte bediente. Weiter nach Norden wurden Dominica, St. Eustache, St. Vincent und Porto Rico in der-

Der Gott des Donners nach einer japanesischen Zeichnung.

selben Weise verwüstet und fast alle Schiffe, die der Sturm auf seinem Laufe traf, gingen unter. Jenseits Porto Rico bog der Sturm nach Nordosten hin um und wendete sich gegen die Bermudas-Inseln, und wenn auch seine Gewalt allmählig geringer wurde, so brachte er doch mehrere englische Schiffe, die auf der Rückfahrt nach Europa begriffen waren, zum Sinken. Auf dem Lande richtete der Orkan nicht geringere Zerstörungen an. Auf Martinique kamen 9000 Menschen ums Leben, 1000 allein in St. Pierre, wo nicht ein einziges Haus unversehrt blieb, da das Meer sich 23 Fuß hoch erhob und an dem Ufer in einem Augenblick 150 Häuser verschlang. In Fort Royal stürzten die Kathedrale, 7 Kirchen und 1400 Häuser zusammen, und unter den Ruinen des Hospitals wurden 1600 Kranke und Verwundete begraben. In St. Eustache zerschellten

sieben Schiffe an den Felsen; von den 19, die ihre Ankertour kappten und das hohe Meer erreichten, kehrte nur eines in den Hafen zurück. In St. Lucia wurden die festesten Gebäude von Grund aus zerstört, eine Kanone mehr als 100 Fuß weit fortgerissen, Menschen und Thiere vom Boden emporgehoben und mehrere Ellen weit fortgeschleudert. Das Meer stieg so hoch, daß es das Fort zerstörte und ein Schiff gegen das Hospital schleuderte, welches hierbei zertrümmert wurde. Von den 600 Häusern in Kingstown auf St. Vincent standen nur noch 14 nach dem Sturme; hier ging auch die französische Fregatte Juno zu Grunde.

Auf den „Inseln unter dem Winde" an der Nordküste Südamerikas suchten die



Der Gott der Winde nach einer japanesischen Zeichnung.

Bewohner des Gouvernementsgebäudes während des Sturmes Schutz in dem Innern des Palastes, da sie hofften, daß die drei Fuß dicken, kreisförmig gebauten Mauern ihnen gegen die Wuth des Sturmes Schutz gewähren würden. Allein gegen 11 Uhr hatte der Wind das ganze Dach abgerissen und drang überall durch, so daß man in die Keller floh. Hier aber stieg das eindringende Wasser vier Fuß hoch, und nun floh man nach der Batterie und suchte Schutz unter den Kanonen; aber einige Zwölfpfünder wurden 420 Fuß weit fortgeschoben. Am folgenden Tage hatte die Landschaft ein winterliches Aussehen: kein Blatt, kaum ein Zweig befand sich an den Bäumen.

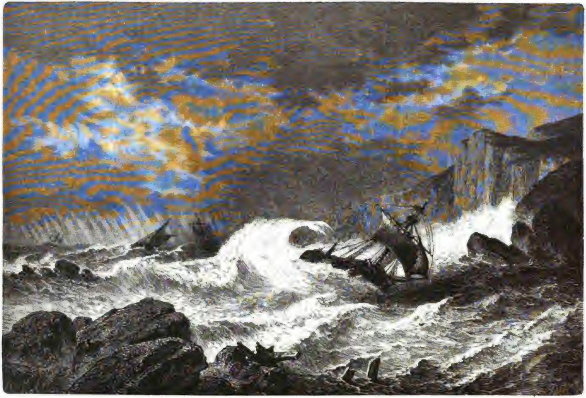
Solcher Aufregung der Elemente gegenüber, sagt Reid, verstummt der Kampf der Menschen. Als die Laurel und Andromeda bei Martinique scheiterten,

schickte der Marquis von Bouille die 25 Engländer, welche dem Tode entronnen waren, dem englischen Gouverneur von St. Lucia mit dem Bemerken, er könne sie nicht als Gefangene zurückhalten, da sie es durch eine Katastrophe geworden, welche alle mit gemeinsamem Unglück betroffen.

Die gewaltigen Zuckungen der Atmosphäre während des Wirbelsturms vom 10. August 1831 beschreibt Reid folgendermaßen. „Barbados ist etwa 20 Meilen von St. Vincent entfernt; der Sturm begann in Barbados kurz vor Mitternacht und erreichte St. Vincent gegen 7 Uhr Morgens, so daß er in einer Stunde etwa 3 Meilen zurücklegte. Ein Herr, welcher auf St. Vincent seit 40 Jahren wohnte, war ganz früh von Hause weggeritten und befand sich etwa eine Meile von seiner Wohnung entfernt, als er im Norden eine grau-grün gefärbte Wolke von so drohendem Aussehen gewahrte, wie er während seines langen Aufenthaltes in der Tropenzone nichts Aehnliches gesehen hatte. Ueberzeugt, daß ein schwerer Sturm herannahe, eilte er nach Hause und vernagelte Thüren und Fenster, welcher Vorsichtsmaßregel er die Erhaltung seines Hauses verdankte.

Auf Barbados war um 7 Uhr Abends der Himmel heiter und die Luft ruhig; diese Ruhe währte bis etwas nach 9 Uhr, wo der Wind aus Norden zu wehen anfing. Um 9½ Uhr sah man ferne Blitze in N.N.O. und S.W. Windstöße und Regenschauer aus N.N.O., getrennt durch Windstillen, folgten dann bis Mitternacht. Um diese Zeit wurde das ununterbrochene Flammen der Blitze schrecklich und großartig und der Sturm brauste wüthend von N. und N.O. her. Um 1 Uhr Morgens nahm die Wuth des Sturmes noch zu, der Orkan sprang plötzlich von N.O. nach N.W. und den dazwischenliegenden Richtungen der Windrose um. Die oberen Regionen der Atmosphäre waren während dessen von ununterbrochenen Blitzen erleuchtet; aber diese lebhaften Blitze wurden an Glanz von den Strahlen elektrischen Feuers, welche nach allen Richtungen hin explodirten, übertroffen. Nichts vermag das betäubende Heulen des Orkans zu beschreiben, der um 2 Uhr aus N.N.W. und N.W. wehte. Um 3 Uhr nahm der Wind ab, aber von Zeit zu Zeit kamen entsetzliche Stöße mit erneuerter Kraft aus S.W. bis W. und W.N.W.

Auch die Blitze hörten einige Augenblicke auf und die Stadt wurde von einer unbeschreiblich schrecklichen Finsterniß eingehüllt. Feurige Meteore fielen nun vom Himmel, eins besonders von kugelförmiger Gestalt und tiefrother Farbe senkrecht aus gewaltiger Höhe. Dies Meteor wurde entschieden nur durch seine eigene Schwere, nicht aber durch eine fremde Kraft getrieben. Als es sich dem Boden näherte, nahm es eine längliche Gestalt an, erglühte in blendendweißem Lichte und zersprang unter Funkensprühen, als hätte es aus geschmolzenem Metall bestanden. Einige Minuten nach dieser Erscheinung sank das betäubende Geräusch des Windes zu einem majestätischen Gemurmel herab, und die Blitze, welche seit



Der Sturm.

Digitized by Google

Mitternacht im Zickzack geleuchtet hatten, folgten sich nun eine halbe Stunde lang mit einer erstaunlichen Thätigkeit zwischen den Wolken und der Erde. Die dichte Wolkenmasse schien die Häuser zu berühren und sendete Flammengarben zur Erde, welche schnell wieder aufwärts von der Erde zurückschlugen.

Kaum hatte dies eigenthümliche Hin- und Herschießen der Blitze aufgehört, da brach der Orkan von Westen wieder herein mit unbeschreiblicher Gewalt, tausend Trümmer von zerstörten Gebäuden als Wurfgeschosse vor sich herschleudernd. Während der Orkan vorüberzog, erbebte die Erde und die festesten Gebäude erzitterten in ihren Grundmauern. Kein Donner war zu hören, denn das gräßliche Geheul des Windes, das Brüllen des Meeres, dessen mächtige Wogen Alles zu zerstören drohten, was die andern Elemente etwa verschonen möchten, das Geprassel der Ziegeln, das Zusammenstürzen der Dächer und Mauern bildeten ein entsetzenerregendes Geräusch; wer diese Schreckensscene nicht mit durchlebt hat, kann sich keine Vorstellung von den Empfindungen machen, welche sie erregte.

Um 5 Uhr ließ die Gewalt des Sturmes nach und da hörte man einige Augenblicke lang deutlich das Fallen der Ziegeln und Steine, welche der letzte Windstoß wahrscheinlich bis zu bedeutenden Höhen emporgeschleudert hatte. Um 6 Uhr wehte der Wind aus Süden, um 7 Uhr aus S.O., um 9 Uhr war schönes Wetter.

Sobald als die Dämmerung die Gegenstände erkennen ließ, ging der Berichterstatter auf den Quai. Der Regen schlug so heftig herab, daß er Schmerz verursachte und fiel so dicht, daß man nur bis zu dem Ende des Dammes sehen konnte. Der Anblick war unbeschreiblich großartig. Die Wogen rollten in so gigantischer Höhe herbei, als böten sie jeder Zerstörung Trotz, sowie sie aber sich an der Werfte brachen, verloren sie sich unter den Trümmern jeglicher Art. Balken, Taue, Tonnen, Kaufmannsgüter bildeten eine zusammenhängende, hin- und herwogende Masse. Nur zwei Schiffe waren aufrecht, viele gekentert oder lagen auf der Leeseite in seichtem Wasser.

Vom Thurme der Kathedrale erblickte man überall ein Bild vollkommener Zerstörung. Die ganze Gegend war verwüstet, keine Spur von Vegetation zu erblicken außer einigen Flecken gelblichen Grases. Der Boden sah aus, als wäre Feuer durch das Land gegangen und hätte Alles versengt und verbrannt. Die wenigen Bäume, die stehen geblieben waren, der Blätter und Zweige beraubt, gewährten einen kalten, winterlichen Anblick, und die zahlreichen Villen in der Umgebung von Bridgetown, früher von dichten Gebüschen beschattet, lagen nun frei in Trümmern.

Ein Regen von salzigem Wasser fiel auf der ganzen Insel; die Süßwasserfische in den Teichen starben theilweise und das Wasser der Teiche blieb noch mehrere Tage nach dem Sturm salzig.

Einer der letzten beobachteten schweren Wirbelstürme ging am 1. Mai 1868 über die französische Fregatte Juno hin, die unter dem Capitain Marivault in den indischen und chinesischen Gewässern kreuzte. Alle Anstrengungen, sich gemäß den oben angeführten barometrischen Regeln von der Mitte des Wirbels zu entfernen, waren vergeblich; der wüthende Sturm packte das Schiff, jagte die Wellen über das Verdeck und verlöschte das Feuer unter den Dampfkesseln. Das Meer erhob sich zu wahren Bergen, welche über das Schiff hinstürzten und die Schanzkleidung sowie die an den Seiten und am Heck hängenden Boote fortrissen. Ein großer Anker riß sich aus seinen Haltetauen los, stieß eine Stückpforte auf und öffnete dem Wasser einen Weg, den man nothweise durch hineingestopfte Hängematten versperrte. Die ganze Mannschaft arbeitete abwechselnd an den Pumpen mit bewunderungswürdiger Ruhe und Kaltblütigkeit.

Der Sturm dauerte schon seit 7 Uhr, schreibt einer der Officiere, indem seine Gewalt und das Getöse von Stunde zu Stunde zunahm, als plötzlich absolute Stille eintrat, eine Stille, die ich nur mit der vergleichen kann, welche der Explosion einer Mine folgt. Das windstille Centrum des Wirbelsturms zog über uns hin, doch rief diese Stille eher ein Gefühl des Staunens als der Sicherheit hervor, so sehr schien sie den Naturgesetzen zu widersprechen. In den oberen Regionen der über uns lagernden Luft hielt die wirbelnde Bewegung an. Fische, Vögel, Heuschrecken, gestaltlose Trümmer aller Art fielen rings um uns herum und der elektrische Zustand der Luft rief ein eigenthümliches aufregendes Gefühl hervor, welches einzelne für gewöhnlich höchst ruhige Leute in eine ganz ungewöhnliche Erregung versetzte. Unter den zahlreichen Vögeln, die der Wirbel mit sich führte, befanden sich mehrere Strandläufer, deren Gegenwart neben den Insekten und Pflanzenresten anzeigte, daß der Sturm über Inseln weggegangen war. Einzelne fliegende Fische fielen noch lebend auf das Verdeck, andere waren schon seit längerer Zeit todt, wie der üble Geruch bewies. Wir benutzten die Windstille des Centrums, um das Schiff vom Wasser zu befreien, die Segel klar zu machen und ein Nothsteuerruder einzusetzen. Nach fünf Stunden völliger Stille stellten sich gegen Mittag die ersten Windstöße ein und wenige Augenblicke darauf packte der Sturm das Schiff abermals mit voller Gewalt, und zwar kamen jetzt die Windstöße aus Norden. Da kein Segel widerstand, so war es unmöglich zu manöveriren, um so schnell wie möglich aus dem Wirbel hinauszukommen. Das einzige, was wir thun konnten, bestand darin, daß wir das Schiff beim Winde brachten, so daß der Wind über Steuerbord kam, wie es die Theorie vorschreibt. So waren wir zu einer passiven Rolle verurtheilt und mußten die Wuth des Orkans fast zwei Tage lang erdulden, da seine fortrückende Bewegung sehr langsam war."

Obschon nun die Cyklonen der Tropen in ihrer Schrecklichkeit die Stürme der gemäßigten Breiten weit übertreffen, so kann doch auch in unseren Gegenden

Untergang des Schiffes Lerida.

Digitized by Google

der Wind zum rasenden Orkan anschwellen und die ärgsten Verheerungen anrichten. So wüthete ein 5 Tage lang anhaltender Sturm im März 1869 an den französischen Küsten, wobei unter anderen das Schiff Lerida im Hafen von Havre zu Grunde ging. Am 13. November 1872 hauste ein schrecklicher Sturm im nördlichen Deutschland und verwüstete die deutschen und dänischen Ostseeküsten. Fast 14 Tage lang hatte anhaltend starker Westwind geweht und das Wasser aus der Nordsee in das Ostseebecken gegen die russischen Küsten und den bottnischen Meerbusen hin getrieben, so daß in den östlichen Häfen ein hoher Wasserstand beobachtet wurde, während in den westlichen Theilen der Ostsee das Wasser unter den gewöhnlichen Stand sank. Am 11. Abends trat starker Ostwind ein und trieb das Wasser aus dem bottnischen Busen nach Westen, so daß hier überall der Wasserspiegel stieg. „Da sich der Wind wieder legte, schreibt ein Augenzeuge aus Stralsund, und sich zugleich eine deutliche Pause im Steigen des Wasserspiegels bemerkbar machte, so war die Hoffnung wohl berechtigt, daß derselbe seinen höchsten Stand erreicht haben möchte. Doch diese Hoffnung sollte bald auf die furchtbarste Weise getäuscht werden. Um Mitternacht fuhr ein neuer orkanähnlicher Sturm mit donnerähnlichem Brausen über unsere Stadt hin, dessen unheimliches Heulen schon bei dem ersten Stoß von dem Geprassel fallender Dachziegel und einstürzender Schornsteine accompagnirt wurde. Das Wasser hatte nach mehrstündiger Pause in der Nacht schnell zu steigen angefangen, und als der Tag graute, ergossen sich die tobenden Fluthen überall weithin über die wehrlosen Küsten, die sie gegen 4 Uhr Nachmittags, erst allmählig, bald aber weit schneller als sie gekommen, zu verlassen begannen, als der Wind sich gemäßigt und sich durch Ost nach Südost gedreht hatte. Das Heulen des Sturmes, das Brüllen der See, auf deren tobenden Wogen die größten Schiffe wie Nußschalen umhergeschleudert wurden, bis sie zum Theil vor unseren Augen in den Grund sanken, machte einen gewaltigen, schrecklichen Eindruck. Und inmitten der wild schäumenden Fluthen die glühende Insel eines in Brand gerathenen mächtigen Holzlagers, die viele Stunden lang einen wahren Feuerregen über die geängstigte Stadt ergoß, das Ganze überspannt von einem farblosen, aschgrauen Himmel! Und Tags darauf eine Todtenstille; die Sonne, die es verschmäht hatte, den Tag des Schreckens mit ihren Strahlen zu erleuchten, spiegelte ihr Antlitz wieder in dem ruhigen Meer, dessen tiefes Blau mit der Farbe des Himmels harmonirte.“ Oestlich von den Odermündungen war das Wasser längs der von Ost nach West gestreckten Küste hingeströmt, ohne erheblichen Schaden anzurichten; dagegen wuchs in dem ganzen westlichen Theile des Ostseebeckens, wo sich die Küsten den nach Westen abfließenden Fluthen in den Weg stellen, das Wasser bis zu gewaltiger Höhe. In Stralsund hatte es nicht nur die ganze Hafeninsel überschwemmt, sondern drang sogar durch die Hafenthore bis in die Straßen, wie es seit dem Jahre 1449 nicht ge-

schehen war. Die Westseite Rügens, die dänischen Inseln Bornholm, Moen, Falster, Laland, die jütische und schleswig-holstein'sche Küste wurden auf das Aergste verheert. Auf der Halbinsel Dars und der daneben liegenden Insel Zingst wurden die hohen Dünen durchbrochen und vollständig weggewaschen; die 2200 Bewohner des Fleckens Zingst brachten zwei Nächte und einen Tag auf den Böden der Häuser zu, bevor ihnen Hülfe kam. Hunderte von Schiffen scheiterten, „viele wurden hoch über Dünen und Holz weggetragen und standen weit auf den Saatfeldern oder mitten im Walde. Viele Menschen fanden ihr Grab in den tobenden Wellen, in den überschwemmten Dörfern ging fast sämmtliches Vieh zu Grunde."

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß die Orkane in der heißen Zone und in allen Gegenden mit sehr hoher Temperatur häufig auftreten und eine furchtbare Gewalt entfalten; in der gemäßigten Zone sind sie seltener und weniger heftig, und in den Polargegenden beschränken sich die Störungen im Gleichgewicht der Atmosphäre auf starke Winde.

---

## Sechstes Capitel.

# Die Tromben.

Unter den Meteoren, welche die Ordnung und die Harmonie der Natur vorübergehend zu stören scheinen und Schrecken und Verwüstung in ihrem Gefolge haben, zieht eines unsere Aufmerksamkeit auf sich durch seine sonderbare und zugleich gigantische Form und durch die Zerstörungen, welche es verursacht. Diese merkwürdigen, gefährlichen und glücklicherweise in unseren Gegenden nur seltenen Naturerscheinungen sind die sogenannten Wettersäulen oder Tromben. Man bezeichnet mit diesem Namen eine Säule von Luft, die sich geschwind um sich selbst dreht und zugleich verhältnißmäßig langsam fortschreitet, so daß man ihr meistens im Schritt folgen kann. Ueber die Ursachen, welche diese Luftwirbel hervorrufen, sind wir nicht völlig im Klaren. Einige Physiker lassen die Tromben in ähnlicher Weise entstehen, wie die Cyklonen, nämlich durch das Zusammenwirken verschieden gerichteter Luftströmungen. Oft genug sieht man an heißen Sommertagen bei sonst ruhiger Luft, daß Staub und Sand durch den Wind in wirbelnde Bewegung versetzt und fortgeführt werden; vor dem Herannahen eines Gewitters bilden sich größere derartige Luftwirbel, welche selbst kleine Baumzweige und dergleichen mit in die Höhe nehmen. Es ist wohl möglich, daß die Tromben solche Wirbel in vergrößerten Dimensionen sind. Dagegen glauben andere Physiker, daß hier als bewegende Kraft die Elektricität auftritt; vielleicht sind beide Ursachen bei der Bildung der Wettersäulen thätig. Der Vorgang ist im Allgemeinen folgender.

In Folge einer beträchtlichen elektrischen Spannung senkt sich die untere Fläche einer Gewitterwolke in Form eines Kegels zur Erde herab, fast wie ein großes Sprachrohr, dessen weiteres Ende in den Wolken verborgen ist und dessen Mundstück sich dem Erdboden oder der Oberfläche des Meeres nähert. Dieser umgekehrte Kegel ist bald mehr bald weniger entwickelt, seine Gestalt wird durch

die Beschaffenheit der Wolken und der Oertlichkeit stark beeinflußt; stets aber bildet er über dem Meere ein Bindeglied aus Wasserdampf zwischen den Wolken und der Erde. Unterhalb dieser Dunstsäule zeigt sich eine mächtige Bewegung auf dem Meere oder auf dem Erdboden. Die Seeleute vergleichen dieselbe mit einem Sieden des Wassers, wobei Dämpfe und Wasserstrahlen in die Höhe geschleudert werden. Auf dem Lande bilden Staub und andere leichte Körper eine ähnliche Rauchmasse. Alsbald erhebt sich der untere Wirbel so hoch, daß er den tief herabgesunkenen Kegel erreicht, worauf sich beide zu einer einzigen Säule vereinigen, die oben dicker ist als unten, und oft eine solche Durchsichtigkeit besitzt, wie eine Glasröhre, in welcher Dämpfe auf- und absteigen. Auf dem Meere ist die von der Wasseroberfläche aufsteigende Masse dicker und gleicht einem Fußgestell, welches die herabsinkende Säule trägt. Aus dieser letzteren tönt ein eigenthümliches Geräusch, welches bald dem Zischen einer Schlange, bald dem Lärm gleicht, den schwerbeladene Wagen auf steinigen Wegen hervorbringen. Dies Geräusch ist auf dem Lande weit stärker, als bei den Tromben über dem Meere, den sogenannten Wasserhosen.

Der Geist der Zerstörung scheint in dieser eigenthümlichen Erscheinung verkörpert zu sein. Die Trombe rückt langsam vorwärts unter drohendem Pfeifen, windet sich zuckend hin und her, zeichnet ihre Bahn mitten durch die Werke der Natur oder des Menschenfleißes, zerschmettert Alles, was sich ihrem Laufe entgegenstellt, und führt die Trümmer mit sich fort. Die angerichteten Verheerungen beweisen, daß der Druck, den die schreckliche Naturerscheinung ausübt, oft 80 bis 100 Pfund für den Quadratfuß beträgt. Bisweilen packt sie Heerden, Menschen, selbst das Wasser ganzer Seen, und wirbelt Alles bis zu erstaunlichen Höhen empor. Die Dächer der Häuser werden in die Luft entführt, die Mauern bersten. Um die Gewalt dieser merkwürdigen Naturerscheinung richtig zu würdigen, wollen wir einige der interessantesten Fälle näher betrachten.

Am Nachmittage des 16. Mai 1806 zeigten sich zwei Wettersäulen südlich von Paris, welche Debrun folgendermaßen beschreibt. Die erste Trombe bildete sich gegen 1 Uhr und hatte mindestens 12 Fuß Durchmesser in der Nähe der Wolke, die einem umgekehrten, mit der Spitze nach unten gerichteten Kegel glich. Je tiefer sich dieser letztere herabsenkte, um so mehr spitzte er sich zu, und während er fortwährend an Länge zunahm, verlor er an Dicke, so daß die Trombe zuletzt nur armdick zu sein schien. Die Wettersäule rückte sehr langsam nach Süden, dann nach Westen und Südwesten. Sie hatte die grauweiße Färbung der gewöhnlichen Wolken und zeichnete sich scharf von der übrigen dunklen Wolkenmasse ab. Am meisten setzte mich der Umstand in Erstaunen, daß sie eine lange, zum Theil halb durchsichtige Röhre bildete und dabei mehrere Einbiegungen zeigte, wie ein langer, biegsamer Schlauch, in dem ich Dämpfe emporwirbeln sah, wie man

Trombe auf dem Lande.

Digitized by Google

Digitized by Google

den Rauch in einem Ofenrohre würde aufsteigen sehen, wenn dasselbe aus Glas bestände. Merkwürdigerweise war dies Aufsteigen der Dämpfe am deutlichsten an dem unteren Ende sichtbar, welches etwa 300 bis 400 Fuß vom Boden entfernt war. Bei dem Fortrücken der Wolke, aus welcher die Trombe herunterhing, bog sich diese letztere in schlangenartigen Windungen und verlängerte sich bis auf 9 oder 10,000 Fuß, wobei sie ganz schief stand und mit dem Horizont einen Winkel von etwa 20 Grad bildete. Die Erscheinung dauerte länger als 3/4 Stunden; dann schien sich der obere Theil gegen die Wolken hinaufzuziehen, doch konnte ich den Vorgang wegen der großen Entfernung und der nebligen Luft nicht genauer beobachten.

Etwa 20 Minuten nach dem Entstehen der ersten bildete sich eine zweite Trombe, die zwar nicht so merkwürdige Erscheinungen besaß, aber einen weit großartigeren Anblick gewährte. Sie entstand aus einer Wolke, die weit niedriger schwebte, als das Gewölk, aus welchem die erste entsprang. Aus dieser grau gefärbten Wolke hing ein weißlich glänzendes Rohr herab, in dessen Innern ich sehr deutlich Dämpfe mit großer Geschwindigkeit aufsteigen sah. Von Zeit zu Zeit verlängerte sich das Rohr und verkürzte sich dann wieder. Die Trombe ging vor der ersten vorüber und schien von ihr 1600 bis 2000 Schritt entfernt zu sein; doch rückte die erste gegen Ende ihrer Erscheinung schneller nach Süden. Die zweite folgte, wobei der untere Theil sich leicht nach Westen bog. Aus einer Wolke, welche gar nicht weit von der zweiten Trombe im Westen stand, brach ein Blitz, ohne eine Wirkung auf die Wettersäulen auszuüben, trotz des starken Donners, welcher folgte. Es fielen einige sehr große Regentropfen, untermischt mit Hagelkörnern. Die zweite Trombe zog sich allmählig gegen die Wolke zurück und verschwand gänzlich, nachdem sie 25 Minuten bestanden hatte.

Diese beiden Tromben, die sich so bequem beobachten ließen, waren wie man sieht ganz harmlos, zumal da sie den Erdboden gar nicht erreichten, würden aber sicherlich für einen Ballon, der sich in ihren Bereich verirrt hätte, nicht so gefahrlos gewesen sein. Betrachten wir jetzt einige Wettersäulen, die den Boden erreichten und auf demselben ihren Weg so deutlich verzeichneten, daß die Zerstörungen ein redendes Zeugniß von der furchtbaren Gewalt dieser Naturerscheinung ablegten. — Am 6. Juli 1822 um 1 Uhr Nachmittags sammelten sich über der Ebene von Assonville 6 Stunden von Boulogne die Wolken reißend schnell an und bildeten bald nur ein einziges dichtes Gewölk, welches den ganzen Himmel bedeckte. Einen Augenblick später sah man aus dieser Wolkenmasse einen dichten Dampf von der bläulichen Farbe des brennenden Schwefels hervorgehen und die Gestalt eines umgekehrten Kegels, dessen Grundfläche auf der Wolke ruhte, annehmen. Der untere Theil des Kegels senkte sich zur Erde herab und bildete bald eine von der Wolke getrennte längliche Masse von etwa 30 Fuß Ausdehnung, die sich mit be-

trächtlicher Geschwindigkeit drehte. Dieselbe erhob sich mit dem Geräusch einer explodirenden Bombe und ließ auf der Erde eine kreisförmige Vertiefung von 20 bis 25 Fuß Umfang und 3 Fuß Tiefe zurück. Die Trombe bewegte sich von Westen nach Osten und erreichte kaum 100 Schritt von der Stelle ihres Auftretens die Umzäunung eines Gehöftes, wo sie eine Scheune umriß und dem stärker gebauten Wohnhause eine solche Erschütterung ertheilte, daß der Pächter dieselbe mit einem Erdstoße verglich. Beim Ueberschreiten der Einhegung wurden die Kronen der stärksten Bäume zerbrochen und weggeführt; einige zwanzig Bäume, zum Theil 60 Fuß hoch, wurden niedergeworfen und nach verschiedenen Richtungen geschleudert, zum Beweise, daß die Trombe mit wirbelnder Bewegung fortschritt. Hierauf durchlief das Meteor eine Strecke von einer Meile, ohne den Boden zu berühren, und riß sehr dicke Baumäste fort, welche es rechts und links mit Geräusch fallen ließ. An der Spitze eines Gehölzes angelangt, beraubte die Trombe wieder mehrere Eichen ihrer Wipfel, welche man mit ihr über das am Fuße eines Hügels östlich vom Walde gelegene Dorf Vendome fliegen sah.

Aus dem Innern der Trombe sprühten von Zeit zu Zeit Feuerkugeln und oft auch Kugeln von schwefelgelben Dämpfen; beide schleuderten die Zweige, die das Meteor aus großen Entfernungen mitbrachte, nach verschiedenen Richtungen. Das den raschen Lauf der Trombe begleitende Geräusch war dem Rollen eines schweren Wagens zu vergleichen, der im Galop über ein Steinpflaster fährt. Bei jeder Erscheinung einer Feuer- oder Dampfkugel hörte man eine Explosion wie einen Flintenschuß; der heftige Wind ließ dazu ein entsetzliches Pfeifen vernehmen. Wenn die Trombe den Erdboden umgewühlt und Alles, was ihr Widerstand leistete, fortgeführt hatte, erhob sie sich über den Boden, um in einer Entfernung von einer halben und bisweilen von einer ganzen Meile ihre Verwüstungen von Neuem zu beginnen. Sie trat in das Thal von Winternestre und Lambre. In dem ersteren dieser Dörfer blieben von den 40 Häusern nur 8 unversehrt; 32 Wohnhäuser nebst ihren Scheunen wurden umgerissen, eine ungeheure Menge Bäume entwurzelt, zerbrochen und weit weggeführt. Die Giebel und die Wände der Häuser waren in divergirender Richtung von Innen nach Außen geschleudert.

Nicht weniger verderblich war das Meteor für Lambre. Mehrere Personen unterschieden deutlich den wirbelnden Gang der Trombe, ihre schwefelbraune Farbe und die feurige Mitte, aus welcher Entladungen mit bituminösen Dämpfen hervorgingen. In der Umgebung der Kirche wurden die Bäume zerbrochen und entwurzelt, Wand und Dach der Pfarrwohnung fortgerissen und 18 meistens aus Backsteinen aufgeführte Häuser bis zu ihren Fundamenten umgestürzt, wiederum mit dem auffälligen Phänomen der nach Außen geschleuderten Wände. Nach ihrem Abzuge aus Lambre theilte sich die Trombe; ein Theil zerstreute sich in die Lüfte, während der Ueberrest, der nur noch wie eine vom heftigen Winde gejagte Wolke

erschien, sich nach Lillers wandte, wo noch nahe an 200 Bäume zerbrochen wurden; dann zerstreute sich der Rest gleichfalls.

Bisweilen überschreitet eine auf dem Lande entstandene Trombe auf ihrem Laufe Flüsse und Seen, wie z. B. am 10. Juni 1858 eine Wettersäule oberhalb Königswinter zweimal über den Rhein ging. Am 9. erhob sich gegen Süden schwarzes Gewölk, heißt es in dem Bericht, im Norden stiegen Wolkenmassen wie ungeheure Thürme empor. Bis zum 10. Morgens war indessen das Gewölk wieder zerstreut, kein Tropfen gefallen, der Wind kam aus N.W. Um die Mittagszeit stiegen im Süden schwere Wetterwolken auf, denen man in der Ferne unter Blitzen und Donnerschlägen Regengüsse entstürzen sah. Es war 1 Uhr 20 Minuten, als von der Mehlemer Au gegenüber Königswinter in der Richtung von Honnef ein aschgraues Band am Himmel gesehen wurde, welches eine Höhe von mindestens 2000 Fuß zu erreichen schien. An der Stelle, wo es auf dem Boden ruhte, sah man eine schwarze Staubmasse in wirbelnder Bewegung hinaufgezogen. Der Wirbel trieb durch mächtige im Kreise sich fortpflanzende Stöße Staub- und Erdmassen auf, deren schwerere Theile zurückfielen, während die leichteren schnell in große Höhen getragen wurden. Anfangs hatte der Anblick gewisse Aehnlichkeit mit einem großen Brande, dessen Qualm von einem heftigen Winde bewegt wird. Die fortschreitende Bewegung des Wirbels war gegen N.W. gerichtet. Bald erreichte das Phänomen den Spiegel des Rheins. Das Wasser erhob sich, indem auf der Peripherie eines Kreises von 50 Schritt Durchmesser Kämme und Strahlen von Wasser und Schaum emporsprangen. Die Erscheinung glich einer sich drehenden Krone, deren weiße Schaumstrahlen 20 bis 30 Fuß hoch aufschossen. Die innere Kreisfläche zeigte sich dabei zu einem Schilde aufgewölbt und mit Schaum bedeckt. Die Menge des aufgezogenen Wassers und die Höhe, welche dasselbe erreichte, wuchs mit dem Fortschreiten. Anfangs sah man das gegenüberliegende Rheinufer durch die Wasserkrone, was später nicht mehr möglich war. In der Nähe des linken Ufers war die Krone schon in eine 40 bis 50 Fuß hohe Wassersäule verwandelt.

Jetzt begann in der Au gegen S.S.O. unter einer Erhebung von 45° über dem Horizont eine gelblichweiße Wolkenspitze sichtbar zu werden in der Gestalt eines umgekehrten etwas schief nach Osten gerichteten Kegels. Auf dem linken Ufer angelangt, riß der Wirbel eine ungeheure Masse Staub empor, aus welcher eine Säule entstand, die den Gipfel des Drachenfels weit zu überragen schien. Der Zusammenhang zwischen dem Sandwirbel und der gelblichweißen Wolkenspitze trat jetzt klar hervor. Diese verlängerte sich nämlich nach unten so schnell, daß man mit dem Auge die Bewegung verfolgen konnte. Auf dunklem Himmel erschien sie wie ein glänzender Degen, die Spitzen der aufstrebenden Sandsäule und der degenförmigen Wolke waren gerade aufeinander gerichtet und strebten sich zu ver-

einigen. In solcher Gestalt schritt die Trombe, sich nur wenig vom Strom entfernend, schnell hinab gerade auf die Au zu, während ihre Gewalt zunahm. Bevor sie indessen die oberen Landhäuser bei Mehlem erreicht hatte, hielt sie in ihrer Bewegung gegen Norden inne, drehte sich in der Richtung des Sonnenlaufes und schritt zurück. Zum zweiten Male sprang der Wirbel auf das Wasser mit ungleich größerer Gewalt, als das erste Mal. Die getroffene Stelle verwandelte sich sofort in eine weiße Schaummasse, das Wasser schien hoch aufzusieden; eine Wolke vom feinsten Wasserstaube lagerte darüber. Mit einem Male erhob sich aus dem wogenden Schaume eine Masse von Wasser und Wasserdunst fast senkrecht, ein wenig nach rechts geneigt. Sie theilte sich alsbald in drei Strahlen, welche miteinander parallel und einander nahe sich aufwärts streckten. Der mittlere Strahl sprang hoch über die beiden seitlichen empor und näherte sich mehr und mehr der weißen degenförmigen Wolke. Die beiden seitlichen Strahlen schienen sich nun in je zwei zu theilen, so daß fünf erblickt wurden. Der mittelste stieg immer höher der sich senkenden Wolkenspitze entgegen. Beide vereinigten sich, und der nun mit der Wolke verbundene Strahl schien fast in seiner ganzen Länge eine gleiche Breite zu haben und erschien nur dort, wo er im Gewölk verschwand, etwas mächtiger. Sich senkrecht emporrichtend überschritt die Wettersäule den Strom, wobei sie fortwährend ihre Gestalt änderte. Darauf verengte sich die Wassersäule an ihrem Fuße, wo sie auf der wirbelnden und kochenden Wasserstaubmasse ruhte. An der Stelle, wo diese Zusammenziehung stattfand, befindet sich im Rhein eine Untiefe, welche zu der Zeit des Ereignisses nur 1 bis 2 Fuß Wasser besaß; es war also nicht genug Wasser im Strome, um die Wassersäule zu unterhalten. Dann vereinigten sich alle Strahlen, die Einschnürung verschwand und wie ein Riesen-Obelisk schwebte die Gestalt auf dem Rheine. Sie bewegte sich gegen Rhöndorf und erreichte hier das rechte Ufer. Nun löste sich die Schaumsäule vom Stromspiegel ab; die schwereren Wassertheile fielen gewissermaßen wie niederhängende Fetzen von der aufsteigenden Schaummasse herunter, während der Schaum zu den Wolken gezogen wurde. Zum dritten Male auf seinem Wege rührte der Wirbel Sand und Staub empor. Die dunkle Masse stieg der weißen Schaumsäule nach; obwohl sie sich berührten, waren beide Theile durch eine horizontale Linie scharf geschieden. Während die Schaummasse gänzlich in den Wolken verschwand und der Staub folgte, schritt die Wettersäule auf den südlichen Fuß des Drachenfelsens zu. Sie erreichte ihn jedoch nicht, da ihre Gewalt abnahm. Endlich verschwand für den Beobachter in der Au Alles unter dem wolkenbruchartig herabstürzenden Regen, dem Hagelkörner beigemengt waren.

Das ganze Phänomen dauerte etwa 35 Minuten. Die Stelle, wo der Wirbel vom Lande auf das Wasser übersetzte, war durch geknickte Weidenstämme bezeichnet. Mehrere Beobachter, die in großer Nähe der Bildung der Wasser-

krone zuschauten, bestätigten mit Bestimmtheit die Drehung derselben im Sinne des Sonnenlaufes. Auf der linken Rheinseite war deutlich die Stelle zu erkennen, wo der Wirbel ans Ufer getreten war und wo die Wassersäule sich wieder in eine Sandtrombe verwandelt hatte. Die Weiden waren hier niedergedrückt, einzelne Aeste losgerissen. Ein zwei Zoll dicker Pappelstamm war am Boden gebrochen und lag hingestreckt in der Richtung des Zuges der Wettersäule. Von hier ließ sich die Bahn mit großer Bestimmtheit bis zu der Stelle verfolgen, wo sie zum zweiten Male auf das Wasser führte. Sie war überall durch niedergedrückte Saaten bezeichnet und hatte ungefähr 50 Schritt im Durchmesser. Nur in der Mitte lagen die Halme genau in der Richtung des Zuges, an den Seiten mehr der Mitte zugewendet. Außerhalb der großen Curve, welche die Trombe beschrieb, lag in einer Entfernung von mehreren Hundert Schritten ein Theil der Saaten gerade gegen den Mittelpunkt des Halbkreises gerichtet. Es mußte sich die Luft von allen Seiten senkrecht gegen den umkehrenden Strom gerichtet haben. Die Länge der ganzen von der Wettersäule durchlaufenen Bahn betrug etwa 13,000 Fuß, sie legte also bei einer Dauer von 35 Minuten 370 Fuß in der Minute zurück.

Eine Trombe, welche am 25. Juni 1829 in der Nähe von Trier beobachtet wurde, ist dadurch interessant, daß ein Mensch mitten in den Wirbel hineingerieth. Der Himmel war nach vorangegangenen Regengüssen noch bedeckt, als sich plötzlich mitten in einer schwarz-dunklen Wolke eine lichte runde Masse in wogende Bewegung versetzte. Sie nahm nach oben die Gestalt eines Schornsteins an, aus dem ein grauweißer, bisweilen ziemlich feuriger Dampf durch mehrere Oeffnungen mit solcher Kraft in die Höhe stieg, als würde er durch viele Blasebälge mit Gewalt herausgepreßt. Das Meteor war inzwischen über die Weinberge hinter die Disburg gekommen, als in einiger Entfernung von demselben am rechten Ufer der Mosel dicht an der Erde ein, wie es mehreren schien, neues Meteor auf eine schreckbare Art bemerkbar wurde. Dieses warf die um einen Baum aufgestellten Steinkohlenhaufen auseinander und einen Arbeiter von dem daneben befindlichen Kalkofen herunter, und zog unter einem furchtbaren Gerassel, als wenn viele Steine durcheinander geworfen würden, durch die Mosel, wobei das Wasser thurmhoch in die Höhe spritzte. Ein etwas oberhalb dieser Stelle rudernder Schiffer glaubte seinen jüngsten Tag gekommen.

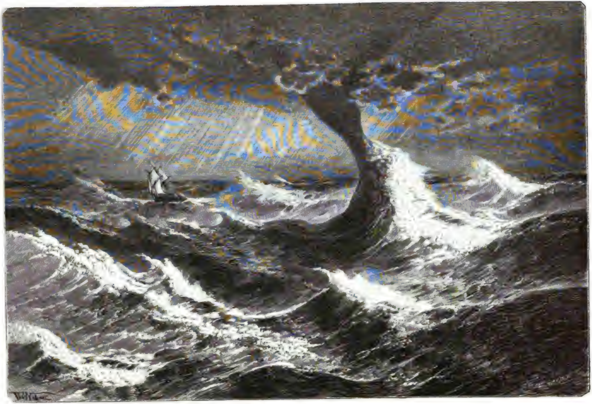
Mit demselben rasselnden Getöse setzte dieses Meteor seinen Weg von der Mosel über die Erde fort und ließ deutliche Spuren seines zickzackförmigen Zuges an den Frucht- und Gemüsefeldern zurück. Mehrere Weiber, an denen das Meteor vorüberstreifte, fielen ohnmächtig hin; andere, die in einiger Entfernung waren, liefen angstvoll davon und schrieen zu Hause: die ganze Flur stehe in Brand! Zwei Arbeiter, die auf einen Baum gestiegen waren, hatten das Meteor auf seinem

ganzen Zuge beobachtet; ein anderer hatte sogar den Muth, demselben zu folgen (und das konnte man in fast gewöhnlichem Schritt), befand sich aber bei dessen zickzackförmigen Bewegungen plötzlich mitten in demselben, wo er spürte, daß es ihn bald mit sich fortziehen, bald gewaltsam in die Höhe heben wollte. Er bückte sich etwas zur Erde, sich auf ein Werkzeug stützend, wurde aber rückwärts zu Boden geworfen, indem der Wirbel weiter zog. Er erinnerte sich später gar keines besonderen Eindruckes, den es auf seinen Geruch oder Geschmack gemacht hätte, und bemerkte nur das betäubende Gerassel; aber er behauptete, zwei Strömungen in demselben wahrgenommen zu haben, wovon die eine schief nach oben gegangen sei und Kornhalme mit Aehren und andere leichte Körper mitgenommen, die andere aber die entgegengesetzte Richtung gehabt hätte.

Die Bahn, welche das Meteor über die Felder nahm, war 10 bis 18 Schritt breit und gegen 2500 Schritt lang. Seine Gestalt war ziemlich kegelförmig, seine Farbe bald grauweiß, bald gelblich, dunkelbraun und mehrmals feurig. Das erste Meteor stand über diesem und war inzwischen fast parallel mit dem unteren gegen Norden fortgerückt, hatte während einer Viertelstunde eine große Masse graulich-weißen und oft feurigen Dampfes ausgeströmt, der hierauf die Form einer Schlange annahm. Der Schweif dieser Gestalt wand sich allmählig nach unten herum, und in dem Augenblick, als er den Kopf der Schlange berührte, war das ganze obere Schauspiel zu Ende und fast gleichzeitig das untere, ohne daß eine Explosion wahrgenommen worden wäre. Aber nun verbreitete sich über die ganze Flur ein höchst widriger schwefelartiger Geruch, und gleich darauf entlud sich über dem nordwestlich gelegenen Walde ein Gewitter mit außerordentlich großen Hagelkörnern.

Am 18. Juni 1839 verwüstete eine Wettersäule Chatenay im Districte von Ecouen, versengte die Bäume, die sich an ihrem Umkreise befanden, und entwurzelte diejenigen, welche auf ihrem Wege selbst standen. Die ersteren wurden so sonderbar zugerichtet, daß die Zweige und Blätter, welche dem Meteor zugewendet waren, vollständig verdorrten und gleichsam verkohlten, während sie auf der entgegengesetzten Seite grün und frisch blieben. Mehrere Tausend Bäume von hohem Wuchse wurden entwurzelt und alle nach derselben Richtung hingestreckt, wie gemähte Getreidehalme; ein Apfelbaum wurde 600 Fuß weit fortgeschleudert. Das Innere der Häuser wurde gänzlich verwüstet, obschon die Gebäude selbst nicht umgestürzt wurden; mehrere Dächer flogen wie Papierdrachen durch die Luft. Eine Umfassungsmauer wurde in fünf fast gleiche Stücke zerrissen, die abwechselnd nach rechts und links umstürzten.

In den Sandwüsten Afrikas und Asiens erblickt der Reisende bisweilen gigantische Sandtromben, die sich vom Boden bis zu den Wolken erheben und sich unter lautem Pfeifen wie Schlangen winden.



Trombe auf dem Meere.

Digitized by Google

Die Wettersäulen, welche sich auf dem Meere oder auf Seen bilden und die man als Wassersäulen oder Wasserhosen bezeichnet, unterscheiden sich von den Landtromben nur insofern, als sie statt Staub, Sand und ähnlicher von dem Wirbel fortgerissener fester Körper das Wasser in die Höhe heben und zwar meistens in Dampfgestalt, öfters auch im flüssigen Zustande. Es ist kein Beispiel bekannt, wo ein Schiff durch eine Trombe seinen Untergang gefunden hätte. Gewöhnlich durchschneidet man die drohende Wettersäule an ihrer Basis durch Kanonenschüsse. Am 6. September 1814 beobachtete Napier, Commandant des Schiffes Erne, eine Trombe in der Entfernung von zwei Kabellängen. Im Momente ihres ersten Erscheinens schien sie den Durchmesser eines Stückfasses zu besitzen. Ihre Gestalt war cylindrisch und das Meerwasser stieg mit Schnelligkeit darin empor; sie folgte dem Winde nach Süden. In einem Abstande von etwa 4500 Fuß vom Schiffe blieb sie mehrere Minuten lang stehen; in diesem Augenblicke schien das Meer an ihrer Grundfläche zu sieden und bildete viel Schaum. Beträchtliche Wassermassen wurden bis zu den Wolken emporgehoben, während sich eine Art Pfeifen vernehmen ließ. Die ganze Trombe schien eine sehr rasche Spiralbewegung zu besitzen, aber sie bog sich bald in dieser, bald in jener Richtung, je nachdem sie von den veränderlichen Windstößen getroffen wurde, welche in wenigen Minuten alle Punkte der Windrose durchliefen.

Als sich die Trombe wieder in Bewegung setzte, nahm sie ihren Weg gerade auf das Schiff zu, so daß Capitain Napier seine Zuflucht zu dem von allen Seeleuten empfohlenen Mittel nahm, Kanonenschüsse gegen das Meteor abzufeuern. Als eine Kugel die Trombe etwa unter einem Drittel ihrer ganzen Höhe durchfuhr, schien sie horizontal in zwei Theile zerschnitten, und jedes der beiden Segmente bewegte sich schwankend hin und her, wie von verschieden gerichteten Windstößen getrieben. Nach Verlauf von einer Minute vereinigten sich die beiden Theile wieder auf einige Augenblicke, alsdann zerstreute sich das Phänomen vollständig, und die ungeheure schwarze Wolke ergoß einen gewaltigen Platzregen. Während der ganzen Dauer des Phänomens war weder Donner noch Blitz wahrzunehmen. Das aus den Wolken auf das Schiff herabstürzende Wasser war süß.

Die von der Wolke gehobenen kleinen Körper werden oft weit fortgeführt und stürzen hernach massenweise herab; auf diese Weise erklären sich die Regen von Fröschen und Fischen, von denen wir im nächsten Buche sprechen werden.

## Fünftes Buch.

# Die atmosphärische Feuchtigkeit.

## Erstes Capitel.

### Das Wasser auf der Erdoberfläche und in der Atmosphäre.

Die Kugel, welche wir bewohnen, hat einen Durchmesser von 1720 und einen Umfang von 5400 Meilen und nimmt einen Raum von ungefähr 2662 Millionen Kubikmeilen ein. Eine gleich große Kugel von Wasser würde $2^1/_4$ Quadrillonen Pfund wiegen; da nun die Erde etwa $5^1/_2$ mal schwerer ist, als Wasser, so beträgt das Gewicht unseres Planeten in runder Zahl 12 Quadrillonen Pfund. Die Atmosphäre, welche den Erdball umhüllt, wiegt ungefähr 11 Trillionen Pfund und macht daher nur den millionsten Theil von dem Gesammtgewicht der Erde aus. Das Wasser nimmt nun in dem Haushalte der Natur eine eben so wichtige Stelle ein, wie die Luft. Die mittlere Tiefe der Oceane beträgt etwa eine halbe Meile, abgesehen von den Unregelmäßigkeiten des Grundes, die unterseeische Gebirge, Plateaus, Thäler und Schluchten bilden und die Meerestiefe von wenigen Fußen bis zu ein und eine halbe Meile schwanken lassen. Wenn plötzlich der Ocean austrocknete, so würden 40,000 Jahre erforderlich sein, bis die sämmtlichen Flüsse der Erde das Becken des Meeres wieder mit Wasser gefüllt hätten. Könnte man das Wasser zu einem einzigen kugelförmigen Tropfen vereinigen, so würde derselbe einen Durchmesser von 180 Meilen haben und einen Raum von drei Millionen Kubikmeilen einnehmen. Die größte Tiefe des Oceans übersteigt nicht $1^1/_2$ Meilen, und eben so weit erstreckt sich der athembare Theil der Atmosphäre nach oben; mithin vollziehen sich alle Lebensprocesse von den unterseeischen Wäldern und den fremdartigen Thieren an, welche die dunkle Tiefe beherbergt, bis zu den Pflanzen und Thieren, welche die Erdoberfläche bevölkern, bis zu dem Condor, der sich noch über die höchsten, mit ewigem Schnee bedeckten Gipfel der Anden schwingt, in einer nur drei Meilen dicken Schicht. Diese belebte Region ist sehr unbedeutend im Vergleich mit den Dimensionen des

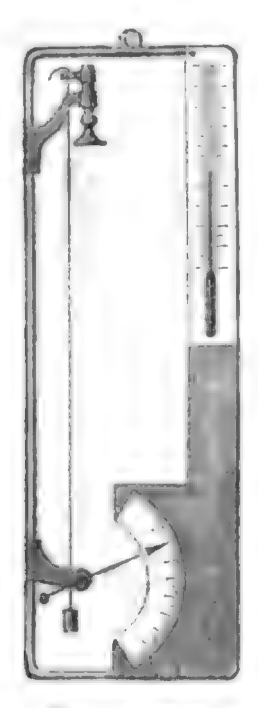
Erdkörpers, der seinerseits wieder mikroskopisch klein ist, wenn man ihn mit der Sonne und dem gesammten Planetensystem vergleicht.

Das Wasser bedeckt in flüssigem Zustande etwa zwei Drittel der Erdoberfläche und bildet in seiner ewigen Wandlung das große Circulationssystem unseres Planeten. Im festen Zustande herrscht es in der Polarregion und auf den eisigen Höhen der Hochgebirge; im dampfförmigen Zustande endlich übt es eine unbestrittene Herrschaft in der Atmosphäre aus, schafft uns bald klaren, blauen Himmel, bald trübe, wolkige Tage, und weckt als Thau und Regen die Fruchtbarkeit der Erde. Dies bewegliche Element verharrt niemals in Ruhe, weder in den Tiefen des Meeres, noch als Eis, noch als atmosphärische Feuchtigkeit. An der Oberfläche des Meeres verdunstet es bei jeder Temperatur, steigt als unsichtbarer Dampf in die Luft empor, verdichtet sich zur Wolke, segelt über die Länder hin, strömt als Regen herab, dringt in den Boden ein, bis es undurchlässige Schichten erreicht, kommt als Quelle zu Tage, gleitet im Bache zum Strom hinab und wird von ihm wieder in das Meer getragen. Der so unscheinbare Wassertropfen, den wir in das Glas gießen, hat schon gewaltige Reisen vollführt, der Sturm und der Orkan haben ihn umhergeschleudert, der Regenbogen entlieh ihm seinen Glanz; als Thautropfen netzte er das Blatt und die Blume, als feiner Eiskrystall schwebte er in der Federwolke; er sank hinab auf das Bett des ewigen Schnees, verwandelte sich in Nebel und Regen und drang in die Tiefe der Erde ein, um endlich zu unserem Gebrauche aus der Quelle geschöpft zu werden. Fürwahr, man kann sich kaum eine Wandlung denken, die großartiger wäre, als diese Circulation des Wassers.

Das Regenwasser dringt mehr oder weniger tief in den Boden ein je nach der Beschaffenheit und der Trockenheit des Terrains. Die ersten Tropfen eines Gewitterregens, welche auf ein kahles und ausgedörrtes Erdreich fallen, dringen gar nicht ein, sondern verdunsten sofort; die folgenden gelangen bis zu immer größeren Tiefen und folgen dabei schräg abwärts den Hängen. Treffen mehrere Hänge zusammen, so entsteht ein Becken oder eine Rinne, in welcher sich das Wasser zum Bache oder zum Flusse sammelt. Zwischen den Gebieten der Ströme liegen die Kämme und Wasserscheiden: zwei Wassertropfen, die nahe neben einander auf der Höhe einer solchen Wasserscheide fallen, können ganz verschiedenen Stromsystemen einverleibt werden und auf weit von einander abweichenden Wegen in den Ocean zurückkehren. Beispielsweise gelangt von drei Regentropfen, die auf einem Punkte des Plateau von Langres nahe bei Montigny le Roi fallen, der eine durch die Marne in die Seine und in den Canal la Manche, der zweite durch die Maaß und den Rhein in die Nordsee, der dritte durch die Saone und Rhone in das Mittelmeer. Ebenso gelangen die auf dem Fichtelgebirge fallenden Regenmassen nordwärts und ostwärts durch Saale und Eger in

die Elbe, westwärts durch den Main in den Rhein und südwärts durch die Naab in die Donau, und werden also theilweise in die Nordsee, theilweise in das schwarze Meer geführt.

Alle Quellen, Bäche und Flüsse verdanken ihr Entstehen dem Regen oder dem Schnee; selbst die sogenannten Mineralwasser haben denselben Ursprung und entlehnen ihre oft sehr beträchtliche Wärme der hohen Temperatur der tiefer gelegenen Erdschichten, durch welche sie ihr Weg führte, als sie erst abwärts sanken und dann gemäß den hydrostatischen Gesetzen in den Spalten und Klüften des Gesteins wieder bis zu der ursprünglichen Höhe aufstiegen. Bei der Verdunstung des Meerwassers unter der Wirkung der Sonnenstrahlen bleibt das nicht



Haarhygrometer.

flüchtige Seesalz zurück, so daß das Regenwasser und folglich das Wasser der Flüsse nicht salzig ist. Das Salz bleibt im Meere und ist dort in so gewaltiger Masse vorhanden, daß es die ganze Erdoberfläche mit einer 30 Fuß hohen Schicht bedecken könnte. Wie die blaue Farbe des Himmels durch den in der Luft enthaltenen Wasserdampf hervorgerufen wird, so ist auch die Farbe des Wassers selbst blau, was freilich nur bei großen Wassermassen hervortritt; diese Färbung stuft sich bis Grün hin ab je nach der Beschaffenheit der Beleuchtung.

Im ersten Buche sahen wir, daß die Atmosphäre neben Sauerstoff und Stickstoff als einen Hauptbestandtheil noch Wasserdampf enthält, und im dritten Buche, daß dieser Wasserdampf von der allergrößten Bedeutung ist in Bezug auf die Vertheilung der Wärme über die Erdoberfläche, und daß seine Bildung und Fortbewegung eine ganz ungeheure Kraft in der großen Werkstatt der Atmo-

sphäre repräsentirt. Endlich haben wir im vierten Buche bemerkt, daß die Luft um so mehr Wasserdampf enthalten kann, je wärmer sie ist, und daß genügende Abkühlung sie auf den Sättigungspunkt bringen kann, ohne daß neuer Dampf hineinströmt. Um den Gehalt der Luft an Feuchtigkeit festzustellen, kann man daher beispielsweise ein Thermometer soweit abkühlen, bis es den Sättigungspunkt angiebt, d. h. bis seine Kugel sich mit dem zu feinem Thau verdichteten Wasserdampf bedeckt; sucht man alsdann in einer Tabelle die Dampfmenge auf, welche diesem Sättigungspunkte entspricht, so findet man, wie viel Wasserdampf zur Zeit der Beobachtung in der Luft enthalten war. Indessen ist diese von Dalton ersonnene und von Daniell und Regnault verbesserte Methode sehr complicirt.

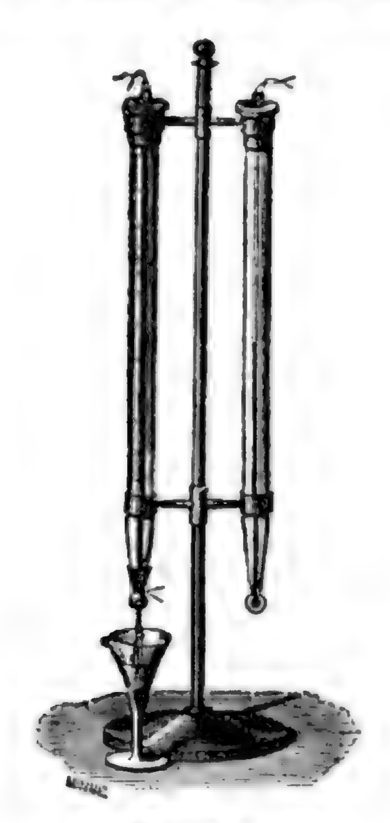
Die Instrumente, mit denen man den Feuchtigkeitsgehalt der Luft mißt,

Hygroskop.

heißen Hygrometer (vom griechischen ὑγρός, feucht). Das einfachste ist das Saussure'sche Haarhygrometer. Die Haare verändern ihre Länge je nach der Feuchtigkeit der umgebenden Luft; diese Veränderung ist zwar dem freien Auge nicht sichtbar, wenn man aber das eine Ende des Haars an den kürzeren Arm eines Zeigers befestigt und durch ein kleines Gewicht das Haar beständig gespannt erhält, so beschreibt der längere Arm des Zeigers einen Bogen; bringt man nun hinter dem Zeiger einen eingetheilten Bogen an, so wird der Zeiger je nach dem Grade der Feuchtigkeit auf verschiedene Punkte der Theilung zeigen. Es werden nun die Punkte, auf welche der Zeiger bei vollständig gesättigter und bei vollkommen trockener Luft deutet, markirt und der Zwischenraum in 100 gleiche Theile getheilt, so daß der erste Punkt mit 100, der letzte mit Null bezeichnet wird. Indessen entsprechen die Angaben des Instruments nicht genau dem Feuchtigkeitszustande der Luft und sind weniger zuverlässig, als die Angaben des Daniell'schen Hygrometers und des weiter unten besprochenen Psychrometers. Die

populären Hygrometer sind noch weit unzuverlässiger und lassen nur eine Zu- und Abnahme der Feuchtigkeit erkennen, ohne Messungen zu gestatten, weshalb man sie auch Hygroskope nennt. Bekannt sind die „Mönche", deren Kapuze sich hebt, wenn die Luft feucht wird. Eine gespannte Darmseite im Innern der Figur ist an dem beweglichen Charnier der Kapuze befestigt und zieht sich bei feuchter Luft zusammen, so daß die Kapuze mehr oder weniger gehoben wird.

Zu genauen Messungen bedient man sich jetzt meistens eines Instruments, dessen Angaben nicht durch die Absorption des Wasserdampfes, wie bei dem Saus-

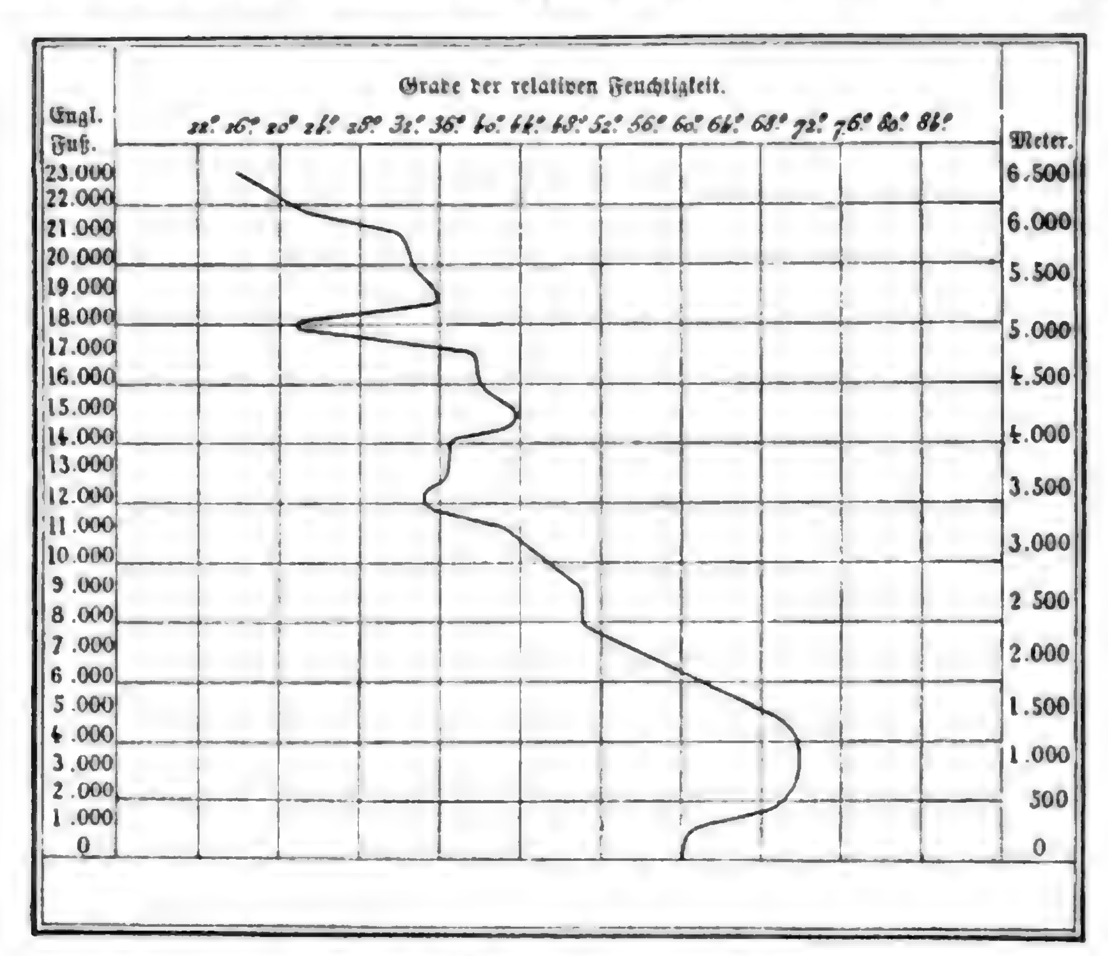


Psychrometer.

sure'schen Hygrometer, sondern durch die Verdunstung bedingt werden. Dies von August erfundene Instrument, welches auf der Abkühlung eines Thermometers beruht, wird Psychrometer genannt (von ψυχρός, kalt). Es besteht aus zwei genauen, gleich zeigenden Thermometern, die neben einander angebracht sind; die Kugel des einen ist mit einem Battistläppchen umwickelt, welches in ein kleines Gefäß mit Wasser herabreicht und also beständig feucht ist. Das nasse Thermometer zeigt um so tiefer, je kräftiger das Wasser an dem feuchten Läppchen verdunstet, und diese Verdunstung ist um so stärker, je trockener die Luft ist. Der Unterschied in den Angaben beider Thermometer hängt daher von der Trockenheit der Luft oder mit anderen Worten von dem Feuchtigkeitsgrade derselben ab. Ohne weiter auf die hierbei ins Spiel kommenden Berechnungen einzugehen, sei

nur erwähnt, daß dieses Instrument unter allen Hygrometern die zuverlässigsten Angaben liefert.

Unter dem Feuchtigkeitsgrade der Luft verstehen wir das Verhältniß zwischen der Menge des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes und der Dampfmenge, welche sie bei dem augenblicklichen Wärmegrade höchstens enthalten kann. Bei einer Temperatur von 20 Grad ist beispielsweise die Luft gesättigt, wenn sie in jedem Kubikmeter 22½ Gramm Dampf enthält; findet man nun durch das Er-




Schwankung der Feuchtigkeit in verschiedenen Höhen.

periment, daß ein Kubikmeter Luft nur 13½ Gramm Wasserdampf enthält, so ist das Verhältniß 13½:22½ oder 60 Procent. Es folgt hieraus, daß wenn die Luft an zwei verschiedenen Tagen gleich viel Wasserdampf enthält, ihre Temperatur aber ungleich ist, der Feuchtigkeitsgrad an dem kälteren Tage größer ist, als an dem wärmeren.

Ueber dem Meere ist die Luft immer beinahe gesättigt, über dem Binnenlande um so trockener, je weiter man sich von der Küste entfernt, und besitzt in Gegenden, wo so gut wie gar keine Verdunstung stattfindet, eine außerordentliche Trockenheit. In verschiedenen Höhen ist der Feuchtigkeitsgrad nicht unverändert,

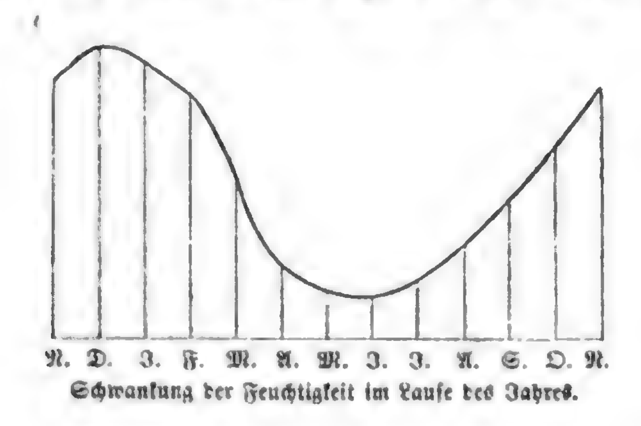
wie das Verhältniß zwischen Sauerstoff und Stickstoff. Flammarion hat bei seinen zahlreichen Luftreisen dieser Zu- und Abnahme der Feuchtigkeit eine ganz besondere Aufmerksamkeit zugewendet und ist dabei zu folgenden Resultaten gelangt. Wenn man sich über den Boden erhebt, so nimmt die Feuchtigkeit zu und erreicht in einer gewissen Höhe ihr Maximum, worauf sie bei weiterem Steigen wieder abnimmt. Diese Zone der größten Feuchtigkeit ändert ihre Lage im Laufe des Tages und verschiebt sich je nach dem Zustande des Himmels. Sehr selten und dann immer kurz vor Sonnenaufgang liegt sie nicht sehr hoch über dem Erdboden. So zeigte am 10. Juni 1867 um 4 Uhr Morgens, als der Ballon sich über dem Walde von Fontainebleau befand, das Hygrometer am Boden 93 Grad und in der Höhe von 450 Fuß 98 Grad. Von da an fiel es und zeigte 92° bei 900, 86° bei 2300, 65° bei 3300, 30° bei 8000 und 25° bei 10,000 Fuß. Die Atmosphäre war sehr rein und gänzlich frei von Wolken. Bei einer anderen Luftfahrt am 15. Juli 1867, wo Flammarion sich aus der Höhe von 7300 Fuß bei Köln niederließ, lag die Zone der größten Feuchtigkeit in einer Höhe von 3300 Fuß, wo das Hygrometer 98 Grad zeigte. Von da an nahm beim weiteren Sinken des Ballons die Feuchtigkeit ab, das Hygrometer fiel und zeigte am Boden nur 82 Grad. Der Himmel war nicht ganz klar, das Thermometer stieg bei der Niederfahrt von $1^1/_2$ bis auf $14^1/_2$ Grad. Am 15. April 1868 zeigte das Hygrometer um 3 Uhr Nachmittags am Boden 73° und stieg bis auf 77°, welchen Punkt es in der Höhe von 3400 Fuß erreichte; von da an fiel es und zeigte nur noch 19° in 12,500 Fuß Höhe. Der Himmel war wolkig und die Feuchtigkeit dicht unter den Wolken am größten. Bei zwei anderen Auffahrten lag die Zone der größten Feuchtigkeit 1700 und 1600 Fuß hoch ebenfalls unter den Wolken. Die Lage dieser feuchtesten Region wird durch vielfache Ursachen beeinflußt; könnte man sich nur hoch genug im Luftballon erheben, so würde man zuletzt in Gegenden gelangen, denen jede Spur von Feuchtigkeit fehlt und wo die Luft vollkommen trocken ist. Glaisher fand bei ähnlichen Untersuchungen, daß die Luft durchschnittlich in der Höhe von 3000 Fuß am feuchtesten ist. Die auf Gebirgen angestellten Untersuchungen geben ein ähnliches Resultat; auch hier wächst anfangs der Feuchtigkeitsgrad bei zunehmender Höhe, erreicht sein Maximum etwa bei 3000 Fuß und nimmt nun wieder ab.

An der Erdoberfläche verändert sich die relative Feuchtigkeit der Luft im Laufe des Tages im umgekehrten Verhältniß, als die Wärme. Je wärmer die Luft ist, um so trockener wird sie im Allgemeinen, und nähert sich ihrem Sättigungspunkte um so mehr, je kühler sie wird. In unserer gemäßigten Zone erreicht die Feuchtigkeit ihr Maximum ziemlich regelmäßig um die Zeit des Sonnenaufgangs, wo es am kühlsten ist, und umgekehrt ist die Luft um 2 Uhr Nachmittags, zur Zeit der größten Wärme, am trockensten, worauf die Feuchtigkeit wieder zunimmt.

Auch im Laufe des Jahres schwankt der Feuchtigkeitsgrad erheblich und ist im December am größten, im Juni am niedrigsten.

Diese atmosphärische Feuchtigkeit, die dem Auge unsichtbar bleibt und deren Gegenwart nur durch feine, eigens zu diesem Zwecke erfundene Instrumente nachgewiesen werden kann, wird sofort sichtbar, sobald eine Erniedrigung der Temperatur die Luft auf ihren Sättigungspunkt bringt. Wird die Luft selbst abgekühlt, so wird sie trübe, indem der Wasserdampf in flüssiges Wasser übergeht und Nebel bildet. Berührt dagegen die Luft einen kalten festen Körper, so verdichtet sich der Wasserdampf in Form von Thautröpfchen an der Oberfläche des Körpers.

Der Thau fällt nicht wie der Regen aus der Luft herab, wie es der Sprachgebrauch sagt, sondern bildet sich an der Stelle selbst, wo man ihn wahrnimmt. Setzt man in einer ruhigen und heiteren Nacht kleine feine Körper, wie Grashalme, Baumwollenflocken, Dannen und dergl. der Luft aus, so findet man nach



Schwankung der Feuchtigkeit im Laufe des Jahres.

einiger Zeit, daß ihre Temperatur 5 bis 6 Grad niedriger ist, als die der umgebenden Luft. An Orten, die gegen die Strahlen der Sonne geschützt sind und doch frei liegen, bemerkt man einen Unterschied zwischen den Temperaturen solcher feiner Körper und der Luft schon gegen 3 Uhr Nachmittags, also zu einer Zeit, wo die Tageswärme abzunehmen beginnt, und nimmt ihn des Morgens noch mehrere Stunden nach Sonnenaufgang wahr. Die Untersuchungen von Wells, welche Arago fortsetzte, beweisen, daß in einer heiteren Nacht das Gras einer Wiese um 5 bis 6 Grad kälter sein kann, als die darüber lagernde Luft; bedeckt sich der Himmel, so steigt die Temperatur des Grases sofort, auch wenn die Luft nicht wärmer wird. Ein Thermometer, welches mit Baumwollenflocken in Berührung stand und oberhalb eines Brettes 3 Fuß hoch über dem Boden angebracht war, zeigte 4 Grad weniger, als ein anderes Thermometer, welches ebenso mit Baumwolle in Berührung stand, aber unterhalb des Brettes angebracht war.

Diese Abkühlung wird durch die nächtliche Strahlung hervorgerufen. Wenn sich kein Hinderniß dem Entweichen der Wärme entgegenstellt, so strahlt ein warmer Körper fortwährend Wärme aus und kühlt sich immer mehr ab. Die durchsichtige

Luft ist nun kein genügendes Hinderniß für die Wärmestrahlung, dagegen reicht eine Wolke, ein Schirm von Holz, Leinwand oder Papier, selbst Rauch aus, um die Strahlung zu beeinträchtigen, oder ganz zu verhindern. Ohne ein solches Hinderniß erkaltet der Körper bald schneller, bald langsamer, je nach seinem Strahlungsvermögen (was beispielsweise sehr groß für Glas und sehr geringe für Metall ist), und wenn seine Temperatur unter den Sättigungspunkt der umgebenden Luft gesunken ist, so lagert sich die atmosphärische Feuchtigkeit auf seiner Oberfläche ab in Form von ganz feinen Tröpfchen, die sich allmählig vergrößern, zusammenfließen und eine flüssige Schicht über der ganzen Fläche bilden. Der Thau bildet sich nur dann reichlich, wenn die Nacht ruhig und heiter ist. Bei bedecktem Himmel aber ruhiger Luft findet man nur eine geringe Spur und ebenso, wenn der Himmel heiter, die Luft aber bewegt ist, niemals aber wenn bei bedecktem Himmel

Thautropfen.

Wind herrscht. Die für die Thaubildung günstigen Verhältnisse treten im Frühling und noch mehr im Herbste häufiger ein, als im Sommer; namentlich weichen, was hier von Wichtigkeit ist, die Temperaturen des Tages und der Nacht im Frühling und im Herbste am weitesten von einander ab.

Die Ablagerung des Thaues auf einer glatten Oberfläche, wie z. B. auf Glas, bietet dieselben Erscheinungen dar, welche man beobachtet, wenn warme, feuchte Luft mit einer Fensterscheibe in Berührung ist. Zunächst trübt eine leichte, gleichförmige Feuchtigkeitsschicht die Oberfläche; dann bilden sich unregelmäßige abgeplattete Tröpfchen, welche sich vereinigen, sobald sie eine gewisse Größe erlangt haben und schließlich in Fluß gerathen. Dasselbe sieht man, wenn man einen kalten Gegenstand, z. B. ein mit frischem Wasser gefülltes Glas in ein warmes Zimmer bringt; es bedeckt sich sofort mit Wassertröpfchen. Tritt man aus der freien Luft in einen mit Menschen gefüllten Saal, so laufen die kalten Brillengläser an und werden undurchsichtig, so daß man die abgelagerte Feuchtigkeit durch

Abtrocknen entfernen muß. Oeffnet man im Winter bei lebhafter Kälte ein Fenster in einem Saal, in welchem viele Menschen längere Zeit versammelt waren, so bildet sich auf der Stelle beim Eindringen der kalten Luft eine Wolke und der Boden und die Wände bedecken sich mit Feuchtigkeit.

Der Thau ist eine sehr wichtige Erscheinung, sowohl in Bezug auf die Gesammtmenge, welche sich an einem Orte im Laufe eines Jahres ablagert, als auch in Bezug auf die große Ausdehnung der Oberflächen, an denen er sich absetzt. In der Tropenzone zumal übt er den wichtigsten und günstigsten Einfluß auf die Entwickelung der Vegetation aus. Sobald die Luft bei einer Temperatur von 24° in jedem Kubikmeter mehr als 30 Gramm Wasserdampf enthält, so schlägt sich der Thau in der Nacht sehr reichlich nieder; die Blätter triefen förmlich und die Kräuter sind des Morgens so feucht, als ob starker Regen gefallen wäre. Die Reichlichkeit der Thaubildung wird bedingt durch das Strahlungsvermögen der Körper, an denen er sich absetzt, da er sich stets nur an solchen Körpern niederschlägt, welche kälter sind, als die umgebende Luft, und zwar um so reichlicher, je größer der Temperaturunterschied ist. Auf Aeckern, Wiesen, Gebüschen, Felsen, Sandflächen wird der Thau sich daher in sehr verschiedenen Mengen ablagern, je nach dem Strahlungsvermögen der Oberflächen. Körper mit rauher Oberfläche oder fein vertheilte Substanzen strahlen die Wärme leichter aus und erkalten daher schneller, als Körper mit glatter Oberfläche oder compacte Massen. Deshalb wird lockerer Kiesboden stärker bethaut, als festgetretenes Erdreich, die Pflanzen stärker als nackter Boden. Die Blätter der einzelnen Pflanzen besitzen nicht dasselbe Strahlungsvermögen, was von ihrer Gestalt und Beschaffenheit der Oberfläche, sowie von ihrer Entfernung vom Boden abhängt. So tropft der Thau schon reichlich von den Blättern der Zuckerrüben, wenn die Pflanzen eines benachbarten Kartoffelfeldes kaum erst feucht sind.

Boussingault hat die Menge des Thaues zu messen versucht. Wiederholt begab er sich nach einer sehr thaureichen Nacht vor Sonnenaufgang auf die Wiesen am Ufer der Sauer und trocknete mit einem Schwamme das Gras auf einer Fläche von zwei Quadratmeter, that das gesammelte Wasser in eine Flasche und wog dasselbe. Bisweilen erhielt er so mehr als 2 Pfund Wasser. Im Durchschnitt entspricht die Menge des auf einer Wiese abgelagerten Thaues einem Regen, der die Oberfläche mit einer 0,14 Millimeter hohen Wasserschicht bedeckt, und ist daher zwar viel zu geringe, um die Benetzung durch den Regen zu ersetzen, muß aber immerhin von Bedeutung sein für die Wiesen und Ackerfelder, wenn der Regen längere Zeit hindurch ausbleibt.

Der Thau und der Nebel enthalten fast genau dieselbe Menge von Ammoniak und Salpetersäure und haben beide in dieser Hinsicht die größte Aehnlichkeit mit den Tropfen, die beim Beginne des Regens fallen und gewissermaßen eine Reini-

gung der Luft vollführen. Diese zuerst fallenden Regentropfen enthalten namentlich nach großer Trockenheit beträchtliche Mengen von Kohlensäure, kohlensaurem und salpetersaurem Ammoniak, organischen Stoffen und Stäubchen jeder Art, welche die Luft verunreinigen. Wenn man einst diesen Stoffen, welche die Luft in ganz geringer Menge einschließt, besondere Aufmerksamkeit zuwenden wird, so wird man gut thun, sie im Nebel, Thau, den ersten Regentropfen, den ersten Schneeflocken und den Hagelkörnern zu suchen, mit einem Wort, man wird sie in den atmosphärischen Niederschlägen vereinigt und concentrirt antreffen.

Da die Körper, wie wir gesehen haben, durch die nächtliche Wärmestrahlung um mehrere Grade erkalten, so kann bei niedriger Lufttemperatur recht gut der Fall eintreten, daß sie sich bis unter den Gefrierpunkt abkühlen; alsdann wird sich der Wasserdampf an ihnen nicht zu Tröpfchen verdichten, vielmehr muß er bei dieser niedrigen Temperatur sofort in Eis übergehen, und wir sehen in diesem Falle die Gegenstände mit feinen Eisnadeln, dem Reif, überzogen. Das Erfrieren der Blätter und Knospen im April und Mai hat sehr oft seinen Grund in einer solchen starken nächtlichen Strahlung und findet zur Verwunderung der Gärtner selbst in solchen Nächten statt, wo die Temperatur der Luft noch mehrere Grade über dem Gefrierpunkte bleibt. Der Volksglaube sieht in dieser auffallenden Erscheinung eine Wirkung der Mondstrahlen, denen er erkältende Einflüsse zuschreibt. Wie sehr die nächtliche Strahlung die Temperatur des Grases erniedrigen kann, zeigen die Versuche von Wells. Derselbe befestigte auf einem Grasplatze an den vier Ecken eines Quadrats von $2^1/_2$ Fuß Seite vier kleine Pfähle, welche einen halben Fuß über das Gras hervorragten, spannte über dieselben ein Tuch von sehr feinem Battist aus und verglich nun in heiteren Nächten die Temperaturen des kleinen, durch diesen Schirm überdeckten Rasenfleckes und der benachbarten freiliegenden Stellen. Der durch das Battisttuch geschützte Rasen war oft $5^0$ wärmer, als die übrige Fläche. Während das übrige Gras stark gefror, blieb der gegen die Strahlung geschützte Rasen noch mehrere Grade über Null. Bei bedecktem Himmel zeigte sich dieser Unterschied nicht.

Giebt es nun kein Mittel, um cultivirte Oberflächen, die zu groß sind, als daß man sie mit einem Schirm bedecken könnte, gegen diese verderbliche Wirkung der nächtlichen Strahlung zu schützen? Die Ureinwohner Südamerikas wendeten ein solches Mittel mit sehr gutem Erfolge an, welches darin bestand, die Durchsichtigkeit der Luft zu trüben. Die Bewohner des oberen Peru, wo die Erndten sehr oft unter der Wirkung der nächtlichen Strahlung zu Grunde gehen, pflegten in den Nächten, wo ein solches Ereigniß einzutreten drohte, d. h. wenn die Luft ruhig und der Himmel sternklar war, Haufen von feuchtem Stroh oder Dünger anzuzünden, so daß der Rauch die Durchsichtigkeit der Atmosphäre beeinträchtigte. Diese Anwendung des Rauches, um das Eintreten von Nachtfrösten zu verhüten,

wird schon von Plinius empfohlen: „Der Vollmond, sagt er, wirkt nur dann schädlich, wenn der Himmel heiter und die Luft vollständig ruhig ist; denn bei bedecktem Himmel oder bei bewegter Luft fällt kein Thau. Auch giebt es Schutzmittel gegen diesen üblen Einfluß. Fürchtet man diese Einwirkung, so muß man Haufen von Stroh, Gras oder Strauchwerk verbrennen; der Rauch wird ein Schutzmittel abgeben."

Wir sehen also, daß man vor langer Zeit schon in der alten wie in der neuen Welt zu demselben Mittel griff, um eine zu große Abkühlung cultivirter Flächen zu verhüten, indem man die Durchsichtigkeit der nicht bewegten Luft durch Rauch zu trüben suchte. Mit der Eroberung Perus durch die Spanier gingen auch die religiösen Gebräuche der Eingeborenen zu Grunde. Fortan war es den Peruanern nicht mehr gestattet, die verderbliche Wirkung der Nachtfröste durch Opfer, die sie ihren Göttern brachten, zu beschwören; es durften keine Feuer auf den Feldern angezündet werden, da man hierin einen götzendienerischen Gebrauch sah. Statt dessen wurden zur Abwendung der stets drohenden Gefahr Gebete angeordnet; allein die Gebete ohne Rauch blieben sehr oft unwirksam. In Europa macht man von dieser Methode, die Pflanzungen gegen den Nachtfrost zu schützen, deren Wirksamkeit nicht bezweifelt werden kann, keinen Gebrauch, wegen der Schwierigkeit, immer zu ihrer Anwendung gerüstet zu sein. Der durch die nächtliche Strahlung herbeigeführte Nachtfrost vollzieht sich in wenigen Augenblicken und man hat nicht jederzeit ausreichenden und passenden Brennstoff zur Hand, der langsam brennen und starken Rauch entwickeln muß. Ueberdies wird sich ein Winzer sehr schwer dazu entschließen, den Dünger zu verbrennen, dessen er nie zu viel haben kann; Feuer von nassem Stroh würden ebenfalls ziemlich kostspielig sein, und wenn sie einmal in zu starke Gluth gerathen sollten, so würden sie eben so gefährlich als unnütz sein, da es nicht auf das Feuer, sondern auf den Rauch ankommt. Boussingault warf daher die Frage auf: welches sind die billigsten Brennstoffe, die einen sehr starken Rauch entwickeln? Die Frage wurde in der pariser Academie discutirt und als solche Stoffe, die beim Verbrennen durch den entwickelten Rauch eine sehr große Luftmasse trüben, Steinkohlentheer, Naphtalin, Harz und Erdpech genannt. Diese Stoffe haben nur geringen Werth; namentlich empfiehlt sich das Naphtalin, eine weiße, feste, krystallinische Masse, die dem Wachs gleicht und mit der man nichts anzufangen weiß, gerade weil sie beim Verbrennen so sehr starken Rauch entwickelt. Man braucht zu diesem Mittel, die nächtliche Strahlung zu beeinträchtigen, nur dann zu greifen, wenn der Himmel klar und die Luft ruhig ist; die Ausgabe würde daher nur geringe sein, zumal da eine geringe Quantität Rauch schon hinreicht, um eine ungeheure Menge Luft zu trüben.

Als Wilson im Jahre 1771 den Gang eines Thermometers in einer Winternacht beobachtete, in welcher der Himmel sich mehrere Male verdunkelte und wieder

aufklärte, bemerkte er ein Steigen um $^1/_3$ Grad in dem Augenblick, wo die Atmosphäre sich trübte, und ein Sinken um dieselbe Größe, sobald der Nebel sich verzog. Pictet fand 1777, daß ein Thermometer um $1^1/_4$ Grad stieg, wenn der Himmel sich bewölkte. Der letztere Physiker machte die interessante Beobachtung, daß in heiteren Nächten die Temperatur nicht abnimmt, wenn man sich vom Boden entfernt, sondern gerade umgekehrt wenigstens bis zu einer gewissen Höhe zunimmt. Ein 8 Fuß über dem Boden aufgehängtes Thermometer zeigte während der ganzen Nacht 2 Grad weniger, als ein ganz gleiches 52 Fuß hoch angebrachtes Instrument. Zwei Stunden nach Sonnenaufgang und eben so lange vor Sonnenuntergang standen beide Instrumente gleich hoch; um Mittag gab das untere Thermometer oft 2 Grad mehr an, als das obere. Bei völlig bedecktem Himmel stimmten beide bei Tage und bei Nacht überein. Diese Beobachtungen Pictets sind durch spätere Untersuchungen bestätigt worden. Auf der Sternwarte zu Greenwich ergaben dreijährige Beobachtungen Glaishers, daß in den Monaten November, December, Januar und Februar zu jeder Tageszeit die Luft in der Höhe von 22 Fuß wärmer ist, als in der Höhe von 4 Fuß. Dasselbe findet während der Nacht statt im Mai, Juni und Juli und während des Nachmittags und der Nacht im März, April, August, September und October. In der Höhe von 50 Fuß fand er des Nachts bei klarer Luft die Temperatur stets höher, als am Boden, wogegen sich bei bedecktem Himmel kein Unterschied zeigte.

## Zweites Capitel.

# Nebel und Wolken.

Der unsichtbare Wasserdampf, den die Luft enthält, wird sichtbar, sobald eine Erniedrigung der Temperatur oder ein Uebermaß von Feuchtigkeit die Luft auf den Sättigungspunkt bringt. Enthält die Luft bei 24° Wärme 31 Gramm Wasserdampf in jedem Kubikmeter, so ist sie noch vollständig durchsichtig; wird sie nun aber durch irgend eine Ursache auf 20° abgekühlt, oder strömt neuer Dampf hinein, so trübt sie sich und wird undurchsichtig. Das Sinken der Temperatur um 4 Grad bewirkt eine Ausscheidung von 7 Gramm Wasserdampf, welche sich verdichten und sichtbar werden. So entsteht eine Wolke; sie ist nichts anderes als Wasserdampf, welchen die gesättigte Luft nicht mehr aufgelöst erhalten kann, und der sichtbar wird, indem er sich zu kleinen Bläschen verdichtet. Dieser Uebergang aus dem gasförmigen in den flüssigen Zustand kann sich überall und in jeder Höhe vollziehen. Findet der Vorgang am Boden statt, so sprechen wir von Nebel; bilden sich die Bläschen in der Höhe, so nennen wir ihre Anhäufung eine Wolke. In der That giebt es keinen wesentlichen Unterschied zwischen Nebel und Wolken. Wenn man im Ballon die Wolkenschicht durchschneidet, so begegnet man keinem Widerstande, die Luft ist nur mehr oder weniger undurchsichtig, feucht und kalt, ganz wie in den Nebeln an der Oberfläche der Erde. Der Thalbewohner sieht die Berge in Wolken gehüllt, während wir beim Besteigen der Gipfel um uns nichts Anderes als einen mehr oder weniger dichten Nebel erblicken.

Beschäftigen wir uns zunächst mit dem Nebel. Bei Anwendung einer Lupe erkennt man, daß der Nebel aus kleinen durchsichtigen Körperchen zusammengesetzt ist. Eine genauere Untersuchung ergiebt, daß diese Körperchen aus Wasser bestehen, welches gemäß den Gesetzen der allgemeinen Schwere kugelförmige Gestalt angenommen hat, gerade so wie verschüttete Quecksilbertröpfchen. Die Meteoro-

logen sind unter sich nicht einig darüber, ob diese Kügelchen hohl oder gefüllt sind, indessen huldigen die meisten der schon von Halley ausgesprochenen Ansicht, daß die Kügelchen hohl sind und nur eine Wandung von flüssigem Wasser haben, während der innere Raum mit Wasserdampf gefüllt ist; jedenfalls ist es wahrscheinlich, daß diese Bläschen mit einer großen Zahl sehr feiner Wassertröpfchen untermischt sind. Wenn man eine flache Schale mit einer dunkelgefärbten Flüssigkeit wie Kaffee oder einer Lösung von chinesischer Tusche füllt und an einem hellen Orte erhitzt, so sieht man bei ruhiger Luft einen Schwaden aufsteigen und in einiger Höhe verschwinden. Mit Hülfe einer Lupe erkennt man in ihm kleine Kügelchen, die emporsteigen; die kleinsten durcheilen schnell das Gesichtsfeld des Vergrößerungsglases, während die größeren auf die Oberfläche der Flüssigkeit zurückfallen. Saussure behauptet, daß die aufsteigenden Körperchen unzweifelhaft kleine Bläschen seien, und gründet diese Behauptung auf ihr Verhalten dem Lichte gegenüber. Man bemerkt an ihnen nicht das lebhafte Funkeln, was Tropfen zeigen, wenn man sie einem Lichtstrahle aussetzt. Ein jeder kennt die prachtvollen und wechselnden Farben, in denen die Seifenblasen schillern, eine Erscheinung, die durch die Interferenz der an der äußeren und inneren Fläche reflectirten Lichtstrahlen hervorgerufen wird und die nur dann eintritt, wenn die Hülle der Blase außerordentlich dünn ist. Nun bemerkt man an den aufstrebenden Körperchen im Sonnenlichte ähnliche Farbenerscheinungen, wie an den Seifenblasen, was dafür spricht, daß sie hohl sind. Mit Rücksicht auf diese und ähnliche optische Erscheinungen ist es möglich geworden, den Durchmesser der Nebelbläschen zu messen. Kämptz fand denselben durchschnittlich zu $^{22}/_{1000}$ Millimeter. Indessen wechselt dieser Durchmesser regelmäßig mit den Jahreszeiten, ist am größten im Februar und nimmt ab bis zum August, wo er am kleinsten ist, um nun wieder zu wachsen; im Allgemeinen ist er im Winter doppelt so groß, wie im Sommer. Bei sonst heiterem Wetter sind die Bläschen am kleinsten, beim Herannahen des Regens am größten. Unmittelbar vor dem Beginn des Regens ist ihre Größe sehr ungleich, wahrscheinlich weil neben den Bläschen eine große Menge von Tröpfchen vorkommt.

Wie wir sahen, sind der Herbst und der Frühling die Jahreszeiten der reichlichen Thaubildung. In diesen Jahreszeiten kann dieselbe Ursache, welche den Thau entstehen läßt, auch die Bildung niedriger Nebel hervorrufen. Die starke Abkühlung, welche die Erde in den heiteren Nächten erleidet, und die große Feuchtigkeit der Luft, welche in dieser Zeit dem Sättigungspunkte näher ist, als im Sommer, bewirken eine reichliche Ablagerung der Feuchtigkeit auf den erkalteten irdischen Gegenständen. Im Herbste theilt sich diese Abkühlung des Bodens allmählig der Luftschicht mit, welche den Boden unmittelbar bedeckt, und bewirkt das Entstehen niedriger Nebel, welche die Strahlen der aufgehenden Sonne sehr

bald zerstreuen. In durchschnittenem Terrain senkt sich der Nebel in die Thäler und bildet für einen Beobachter auf der Höhe ein vollkommen ebenes, weißes Meer. Um dies Schauspiel in großartigem Maßstabe zu genießen, muß man es vom Gipfel eines hohen Berges, von wo aus man einen weiten Horizont überblickt, bei Sonnenaufgang betrachten, wenn Wolken die tiefer liegenden Thäler verhüllen. Während des Tages wogt das Wolkenmeer nach allen Richtungen unter dem Einfluß der Sonnenstrahlen und der durch diese letzteren hervorgerufenen leichten Winde, und zeigt daher keine ebene Oberfläche. Allein während der Nacht glättet sich Alles und des Morgens dehnt sich eine unendliche weiße Nebelfläche zu den Füßen des Beobachters, aus welcher die hohen Bergspitzen wie Inseln aus dem Ocean hervortauchen. Sobald die ersten Strahlen der Morgensonne dies Nebelmeer treffen, erheben sich aus dem Schooße des letzteren rundliche Dunstsäulen, die sofort in die Luft zerfließen, wie es der weißliche Dampf einer Locomotive thut. Je höher die Sonne steigt, um so heftiger wird das Wogen in der Nebelmasse; breite Spalten werden durch den Wind gerissen und gestatten einen Blick in die Tiefe. Siegt die Sonne völlig über den Nebel, so löst sich Streifen auf Streifen los, zerstiebt oder flattert als weißlicher Schleier um die Häupter der hohen Berge, während das Auge frei in die vom Morgenlicht übergossene Landschaft hinabblickt.

Bisweilen bildet sich eine Nebelschicht über Flüssen und Seen, weil der von ihrer Oberfläche aufsteigende Wasserdampf sich in der bei Sonnenuntergang erkaltenden Luft verdichtet. Die Luft nimmt in kurzer Zeit die Temperatur der Gegenstände an, mit denen sie in Berührung steht; in einer ruhigen und heiteren Nacht muß daher der über dem Wasser lagernde Theil der Atmosphäre wärmer sein, als die Luft über den Ufern. Gleichzeitig ist diese Luftmasse überaus feucht, da die unteren Schichten der Atmosphäre sich bei heiterem Wetter in wasserreichen Gegenden mit soviel Feuchtigkeit beladen, als ihre Temperatur aufzunehmen gestattet. Wenn nun ein leichter Wind während der Nacht die Luft des Ufers mit der Luft vermischt, die über einem Flusse oder über einem See lagert, so kühlt die erstere, welche kälter ist, die zweite ab. Diese letztere giebt sofort einen Theil der Feuchtigkeit ab, welche sie aufgelöst enthielt, ohne daß ihre Durchsichtigkeit beeinträchtigt wurde. Jetzt aber geht diese Feuchtigkeit in den Bläschenzustand über, die Luft trübt sich, und wenn die Zahl dieser Dunstbläschen erheblich wächst, so bildet sich dichter Nebel. Im Juni 1818 fuhr Sir Humphry Davy die Donau von Regensburg abwärts. Der Nebel zeigte sich des Abends über dem Flusse, wenn die Luft über der Erde 2 bis 4 Grad kühler war, als die Luft über der Donau. Des Morgens zerstreute sich dieser Nebel wieder, sobald die Luft über den Ufern wärmer wurde, als über dem Wasser. Am 11. Juni um 6 Uhr Morgens betrug bei der Brücke von Passau, wo der Inn und die Ilz sich

in die Donau ergießen, die Lufttemperatur über den Flüssen 10,9, 10,5 und 13,3 Grad, während das Thermometer am Ufer nur 9,7 Grad zeigte. Dem entsprechend lagerte ein dichter Nebel über der Donau, ein wenig dichter Nebel über dem Inn, während über der Ilz nur ein leichter Dunst schwebte und anzeigte, daß hier, wo der Temperaturunterschied am geringsten war, auch nur eine geringe Ausscheidung von Feuchtigkeit stattfand.

Die Vertheilung der Nebel über die einzelnen Monate entspricht den Schwankungen in dem Feuchtigkeitsgrade der Luft; sie sind weit häufiger im Winter, als im Sommer. Von 1822 auf der Sternwarte zu Brüssel in 30 Jahren beobachteten Nebeln kommen auf die Wintermonate December, Januar und Februar 742, auf März, April und Mai 271, auf Juni, Juli, August 146, und auf September, October, November 663.

Unter gewöhnlichen Umständen ist selbst ein sehr dichter Nebel an seiner oberen Grenzfläche so eben, wie der Spiegel eines Sees, und steigt ganz allmählig nach oben. Der Capitain Raynal, welcher im Jahre 1864 an den Riffen der Aucklandsinseln Schiffbruch litt, hat ein derartiges Phänomen in seltener Vollkommenheit beobachtet. Am 9. August hatte er einen Berg der Insel erklettert und stieg mit einem Gefährten abwärts, wobei er einen schmalen Grat zwischen zwei Abgründen verfolgte, als ihn ganz plötzlich ein dichter Nebel einhüllte. „Es war ganz unmöglich, sagt er, auch nur einen Schritt zu thun, da wir den Boden unmittelbar vor uns nicht sahen. Wir brachten so eine gute Stunde zu, ohne uns zu rühren, indem wir uns an den Händen gefaßt hielten und unsere Glieder unter der Kälte mehr und mehr erstarren fühlten. Glücklicherweise erhob sich ein scharfer Wind, der den Nebel zerriß und zerstreute."

In den eisigen Gegenden der Polarzone sind die Nebel am dichtesten. Martins versichert, daß auf Spitzbergen fast beständig so dichter Nebel lagere, daß man die Gegenstände kaum wenige Schritt weit erkennen könne. Diese kalten Nebel durchnässen die Kleider wie Regengüsse. Gewitter kennt man in diesen Gegenden nicht, und selbst im Sommer unterbricht der Donner nicht die Stille dieser Einöden. Bei dem Herannahen des Herbstes nehmen die Nebel an Häufigkeit zu und der Regen verwandelt sich in Schnee. In solchen Gegenden, wo der Boden feucht und warm, die Luft feucht und kühl ist, müssen häufige und dichte Nebel auftreten. Dies ist der Fall in England, dessen Küsten von einem warmen Meere bespült werden, und ebenso in Neufundland, wo der von Süden kommende Golfstrom weit wärmer ist, als die Luft. In London ist der Nebel bisweilen außerordentlich dicht. Man liest alljährlich mehrere Male in den englischen Zeitungen, daß man mitten am Tage das Gas auf den Straßen und in den Häusern anzünden mußte. So war beispielsweise am 24. Februar 1834 der Nebel so dicht, daß man Mittags auf den Straßen nicht sehen konnte, und als am Abend die

Stadt zur Feier des Geburtstages der Königin illuminirt wurde, durcheilten die Straßenjungen die Stadt mit Fackeln und riefen, „sie suchten die Illumination.“ In Paris und Amsterdam hat man hin und wieder ähnliche dichte Nebel beobachtet, während in geringer Entfernung von diesen Städten der Himmel vollkommen heiter war.

Die dichten Nebel besitzen bisweilen einen deutlich wahrnehmbaren Geruch, indem sie sich mit verschiedenen Ausdünstungen beladen, welche in die unteren Schichten der Atmosphäre gelangen. Oft genug erkennt man deutlich den Geruch des Ammoniak. In Belgien und dem nordwestlichen Deutschland läßt sich in dem unter dem Namen Höhenrauch bekannten Nebel ein starker Geruch von Torf verspüren. In den kalten und feuchten Nebeln des Octobers 1871 nahm man in Paris deutlich den Geruch von Petroleum wahr.

Betrachtet man eine entfernte Gebirgskette, so sieht man oft Wolken an allen höheren Gipfeln hängen, während die Zwischenräume völlig klar daliegen. Diese Erscheinung hält oft stunden-, ja tagelang an. Allein diese Unbeweglichkeit ist nur scheinbar, denn auf den Gipfeln herrscht oft ein starker Wind, welcher die Dämpfe in dem Grade verdichtet, als sie an den Seiten des Berges aufsteigen, und sie sofort wieder zerstreut, wenn sie den Gipfel verlassen. In den Alpenpässen bildet diese Entstehung, Bewegung und Zerstreuung der Wolken ein ebenso wechselndes als interessantes Schauspiel. Die Wolken, welche sich während des Tages an den Abhängen der Gebirge in Folge der aufsteigenden Luftströmungen erheben, lösen sich oft wieder auf, wenn sie den Gipfel erreichen, unter Einwirkung eines oberen trockenen Windes; namentlich findet dies in den Abendstunden statt. Am häufigsten beobachtet man diese Erscheinung an den Bergjochen, welche tiefe Thäler von einander scheiden. Der Nebel scheint alsdann gegen den Wind zu ziehen, und doch bleibt die Grenzfläche an dieser Seite ungeändert. Oft wälzen sich über das Hospiz des Sanct Gotthardt dunkle Wolken in so gewaltigen Massen in das Tremola-Thal hinab, daß man glauben möchte, die ganze lombardische Ebene müßte in wenigen Augenblicken unter dichtem Nebel begraben werden; allein schon beim Ausgange des Thales haben die warmen aufsteigenden Luftströmungen die ganze Nebelmasse wieder aufgelöst. „Am 8. September 1868, erzählt Flammarion, stieg ich nach Sonnenaufgang vom Sanct Gotthardt nach Andermatt hinab. Wir waren von einem so dichten Nebel umgeben, daß wir nur in der Entfernung weniger Meter die Granitfelsen erkennen konnten, welche die Straße einfassen. Bisweilen klärte sich der Himmel ein wenig auf und wir sahen, wie die Wolken unter uns vom Winde gejagt und in die Abgründe des weiten Thales hinabgewälzt wurden. Als wir das Gasthaus verließen, welches vor vier Jahren an der Stelle des alten Hospizes erbaut worden ist, umgab uns blauer Himmel, und die nackten Granitgipfel, die öden, jeder Vegetation baaren Felswände und die

Gletscher des mächtigen Gebirgsstockes entfalteten vor unseren Blicken ein ungeheures Panorama, während einige Hundert Meter unter uns graue Wolken den Abhang verhüllten. Wir schritten durch die Wolken hindurch und bewegten uns eine Stunde lang inmitten der angehäuften Nebelmassen. Aber als wir uns der oberen Grenze der Vegetation näherten und der Boden wärmer wurde, nahmen die Wolken an Dichtigkeit ab, obschon sie durch den von den Bergen herabwehenden Wind nach unten getrieben wurden, lösten sich allmählig auf und verschwanden zuletzt rund um uns her. Als wir bei der Teufelsbrücke anlangten, erschienen wieder einige Wolken in dem kalten und tiefen Thale, auf dessen Grunde die düstere Reuß strömt; andere, welche durch einen aufsteigenden Strom an dem Ostabhange des gewaltigen Gebirgsstockes emporgetrieben waren, hingen an den Gipfeln und vermischten sich mit den Gletschern, so daß die Zahl der letzteren vervielfacht erschien."

Betrachten wir nun die Wolken selbst, wie sie gestaltet sind und wie sie in den Lüften schweben. Im Mittelalter glaubte man, daß sich über der Atmosphäre ein Reservoir „der oberen Wasser" befände. St. Basilius spricht folgendermaßen über das Firmament: „Da das Firmament aus dem Wasser stammt, so muß man annehmen, daß es entweder dem Eise gleicht, oder aus einer ähnlichen Substanz gebildet worden ist, die durch irgend eine Verdichtung des Wassers entstanden ist, wie es bei dem Bergkrystall der Fall ist." Er hält es für auffallend, daß Gott eine so große Menge Wasser geschaffen habe, da es die ganze Erde bedecke, und fährt fort: „Da das Element des Feuers zu der Erhaltung des Weltalls nothwendig war, so mußte auch reichlich Wasser vorhanden sein, nicht blos um die Quellen und Flüsse der Erde zu speisen, sondern auch, um das Weltall zu erfüllen und die große Hitze des Feuers zu mildern. Gott schuf daher anfangs eine große Menge Wasser, welches er aufspeicherte, damit es ausreichen könnte bis zum jüngsten Tage, und welches allmählig durch die Gewalt des Feuers verzehrt wird." In solcher Weise betrachtete man die Natur vor der Begründung der exacten Wissenschaften!

In dem vorigen Capitel sahen wir, daß die Feuchtigkeit der Luft bis zu einer gewissen Höhe zunimmt, und daß diese Zone der größten Feuchtigkeit, oberhalb derer die Luft immer trockener wird, je nach den Tages- und Jahreszeiten in verschiedener Höhe liegt. Saussure und Rozet berichten, daß in den Alpen und Pyrenäen diese Zone der größten Feuchtigkeit auch dem Auge erkennbar ist und als ein durchsichtiger blauer Dunst erscheint, den man nur schwer wahrnimmt, wenn man sich innerhalb desselben befindet, dessen obere Fläche man aber deutlich erkennt, wenn man oberhalb derselben steht. Diese Fläche ist eben, wie der Spiegel der See. Von sehr hohen Spitzen der Alpen und Pyrenäen aus sieht man diese obere Grenze der Dampfschicht sich am Horizont wie eine blaue Linie abzeichnen,

welche die größte Aehnlichkeit mit dem Meereshorizont hat. Die Höhe dieser oberen Grenze schwankt ebenfalls mit den Tages- und Jahreszeiten und geht von 3300 bis 6000, selbst bis 9000 und 10,000 Fuß; die Temperatur ist immer über dem Gefrierpunkt. Die untere Ebene, welche die Region der Wolken begrenzt, schneidet eine senkrechte Linie dort, wo der Thaupunkt der Luft liegt, so daß bei schräge und selbst senkrecht gerichteten Winden diese untere Grenze der Wolken unverändert bleibt, indem abwärts sinkende Wolken sich hier wieder zu Dampf auflösen, und umgekehrt nach oben geführter Dampf sich hier zu Wolken verdichtet.

An dieser Grenze der Dampfatmosphäre bilden sich die Wolken und scheinen hier zu ruhen. Vom Luftballon aus kann man bisweilen das Entstehen der Wolken deutlich beobachten. Am 15. Juli 1867 schwebte Flammarion im Ballon über der Rheinebene zwischen Köln und Aachen in einer Höhe von 4500 bis 6000 Fuß. Die Atmosphäre war ganz klar, als hier und dort kleine weiße Flöckchen in der Zone der größten Feuchtigkeit erschienen. Allmählig flossen sie in einander und bildeten zuerst größere Flocken und dann kleine Wölkchen. Diese letzteren drängten sich bisweilen aneinander, bisweilen lösten sie sich eben so schnell wieder auf, als sie entstanden waren. Wenn sie sich vereinigten, so bildeten sie gerundete Massen und erschienen als Haufwolken. Diese Bildung der Wolken vollzog sich mehrere Hundert Meter unterhalb der Luftschiffer. Als die Sonnenstrahlen die Feuchtigkeit verdunsteten, welche sich während der Nacht auf dem Ballon abgelagert hatte, stieg dieser letztere langsam empor und erhob sich bis zu 7200 Fuß. Dasselbe thaten die Wolken, welche nur etwas schneller stiegen und zuletzt den Ballon überholten und gänzlich einhüllten. Peltier und Rozet haben von hohen Berggipfeln aus die Bildung der Wolken beobachtet, und dieselben in ähnlicher Weise entstehen sehen.

Die obere Fläche der Wolken ist uneben, an einzelnen Punkten aufgetrieben, an anderen gehöhlt, und gleicht einer Reihe von Gebirgen, welche oft sonderbar geformt und durch Thäler getrennt sind. Dagegen ist die untere Fläche eben und oft völlig horizontal und schwimmt auf der Dampfschicht, wie auf einem See.

Die Dunstbläschen der Wolken ziehen sich gegenseitig an und gruppiren sich zu dichten Massen. Die Annahme einer solchen Anziehung scheint nothwendig, um die so scharf begrenzte Gestalt mancher Wolken zu erklären. Vom Luftballon aus sieht man ganz kleine Wolken entstehen und allmählig ineinander fließen, wie sich die kleinen Blasen auf der Oberfläche einer Tasse Kaffee vereinigen und ein zusammenhängendes System bilden. Diese Art von Molecularanziehung zeigt sich noch deutlicher bei manchen Rauchwolken, die von Explosionen herrühren. Als am 14. Juli 1871 in der Patronenfabrik zu Vincennes eine furchtbare Explosion stattfand, nahm die Wolke, die mitten aus dem krachenden Herde emporstieg, in der ruhigen Luft des heißen Tages eine gewölbte Form an, wie ein riesiger Kopf

Blumenkohl. Diese Wolke blieb lange Zeit unbeweglich und von der Höhe des Observatoriums aus konnte man sie bequem in einem stark vergrößernden Fernrohr beobachten. Die Molecule zogen sich offenbar an; wäre die Wolke ein fester Körper gewesen, so hätte sie keine schärfer begrenzte Gestalt in dem hellen Sonnenlichte zeigen können.

Gewöhnlich werden die Wolken von dem Winde fortgetrieben und halten genau seinen Gang ein, indem sie gewissermaßen in der Luftströmung schwimmen und in Bezug auf diese letztere ihren Ort nicht verändern. Mißt man ihre Geschwindigkeit, so hat man gleichzeitig ein Maß für die Geschwindigkeit des oberen Windes. Doch giebt es Ausnahmen von dieser Regel; es giebt Wolken, die nicht von der Stelle rücken, selbst wenn ein mehr oder weniger starker Wind durch sie hindurchbläst und sie eigentlich forttreiben müßte. Flammarion und Godard sahen vom Ballon aus oberhalb Villers-Coterets zu ihrem Erstaunen eine kleine Wolke, die etwa 600 Fuß lang und 450 Fuß breit war und in der Höhe von 240 Fuß unbeweglich über einigen Bäumen stand. Als sie näher kamen, erblickten sie fünf oder sechs kleinere Wolken, die ebenfalls ganz still standen. Da der Wind eine Geschwindigkeit von 24 Fuß in der Secunde hatte, so fragte es sich, welcher unsichtbare Anker diese kleinen Wolken festhielt? Als der Ballon über denselben schwebte, erkannten die Luftschiffer, daß die Hauptwolke über einem kleinen Teiche stand und daß die anderen sich über dem Laufe eines Baches angeordnet hatten. Offenbar trieb hier ein aufsteigender Strom die feuchte Luft nach oben, und die Feuchtigkeit wurde sichtbar, wenn sie durch den kälteren seitlichen Wind hindurch ging. Kämptz hat in der Nähe von Wiesbaden nach einem starken Regen eine ähnliche Erscheinung beobachtet. Als die Wolken sich zertheilten und die Sonne erschien, sah er eine Nebelmasse, die unbeweglich an derselben Stelle verharrte. Als er näher herzuging, fand er eine gemähte Wiese umgeben von dichtem und hohem Grase, welches sich weniger erwärmte, als die gemähte Fläche, und daher weniger Wasser zur Verdunstung brachte. Auch in der Schweiz hat Kämptz diese Erscheinung öfters wahrgenommen. Während auf dem Faulhorn völlig klarer Himmel war, sah er die Seen von verschieden dichten Nebelmassen bedeckt. Ueber dem Zuger, Züricher und Neuenburger See war der Nebel sehr dicht, während der Thuner und Brienzer See nur durch einen leichten Dunst verhüllt waren. Der Zuger See ist sehr tief und seine Zuflüsse entspringen nicht in der Region des ewigen Schnees; mithin muß sein Wasser wärmer sein, als das des Brienzer Sees, in welchen sich die Aar ergießt, nachdem sie eben die Gletscher der Grimsel verlassen hat. Deshalb bedeckt sich der erstere bei gleicher Lufttemperatur weit leichter mit Nebel, als der zweite. Babinet hat auf dem Canigou, dem höchsten Gipfel der östlichen Pyrenäen, ebenfalls eine Wolke beobachtet, die unbeweglich an ihrer Stelle verharrte. „Ein heftiger Wind, sagt er, trieb die Luft von Frank-

reich nach Spanien, nirgends zeigten sich Wolken; nur ein kleiner Streifen von wenigen Metern Dicke und Breite war zu sehen und blieb trotz des heftigen Windes, der ihn eigentlich hätte zerreißen und forttreiben müssen, hartnäckig an derselben Stelle, wo ich ihn zuerst wahrgenommen hatte. Dies Wolkenband war so scharf begrenzt, daß ich die Hälfte eines Bleistiftes hineintauchen konnte, während die andere Hälfte außerhalb blieb. Diese räthselhafte Erscheinung hatte ihren Grund darin, daß die Luft gerade feucht genug war, um in dieser Höhe zur Wolke zu werden. Unter- und oberhalb dieser Stelle war sie durchsichtig, und nur wenn sie durch diesen kühlen Raum hindurch ging, wurde sie durch die Nebelbläschen getrübt, die sich beim Verlassen der kühleren Stelle sofort wieder zu Dampf auflösten. In Wirklichkeit war daher hier nicht eine unbeweglich ruhende Wolke, sondern es wurden stets neue Luftmassen beim Durchziehen dieser Stelle vorübergehend getrübt."

Betrachten wir nun das Schweben der Wolken in der Atmosphäre. Wenn man sieht, wie sich eine Wolke in Regen auflöst und viele Tausend Liter Wasser zur Erde herabsendet, so erstaunt man, daß eine so schwere Wassermasse sich in der Luft hat schwebend erhalten können. Die Ursache des Schwebens liegt einfach in der überaus feinen Vertheilung. Wir sahen, daß der Durchmesser der Dampfbläschen nur den fünfzigsten Theil eines Millimeters beträgt. Sich selbst überlassen sinken die Bläschen herab, und die Rechnung ergiebt, daß sie mehr als eine halbe Stunde gebrauchen würden, um eine Viertelmeile zurückzulegen, d. h. daß sie in der Secunde etwa um drei Fuß herabsinken; oft aber ist ihre Geschwindigkeit weit geringer und beträgt kaum $^1/_4$ Fuß für die Secunde. Allein die Bläschen sind nur selten sich selbst überlassen, da während des Tages die Luft unausgesetzt von aufsteigenden Strömungen durchzogen wird, welche mit einer Geschwindigkeit von sechs und mehr Fuß nach oben streben. Mithin können die Wolken bei gewöhnlichen Verhältnissen am Tage nicht herabsinken, und es ist ganz unnöthig anzunehmen, daß die Bläschen gleich kleinen Luftballons verdünnte und mithin leichtere Luft einschließen, wenn auch die von der Sonne absorbirte Sonnenwärme ihr Theil dazu beitragen mag, die Wolken schwebend zu erhalten. Der Zug der horizontalen Luftströmungen würde oft schon ausreichen, um die Wolken in der Höhe zu erhalten, auch wenn die Bläschen gefüllt wären. Im Laufe der Nacht nähern sich die Wolken dem Boden, da jetzt keine aufsteigenden Luftströmungen das Sinken verhindern. Allein die Bedingungen, unter denen der Wasserdampf sichtbar wird, hängen, wie wir sahen, von der Temperatur und dem Sättigungspunkte der Luft ab. Die Wolken lösen sich daher an ihrer unteren Fläche in dem Grade in unsichtbaren Dampf auf, als sie in wärmere Luftschichten hinabsinken, bisweilen am Tage auch an ihrer oberen Fläche, wenn sie unter Einwirkung der Sonne emporsteigen. Mithin verändern sie unaufhörlich ihre Form, ihre

Dicke, selbst den Stoff, aus welchem sie bestehen. Uns erscheinen sie unbeweglich, auch wenn die kleinen Theilchen, aus denen sie sich zusammensetzen, unaufhörlich herabsinken, um an der unteren Grenze, der oben besprochenen Zone der größten Feuchtigkeit, sich aufzulösen.

Die Wolken, diese Bewohnerinnen des luftigen Raumes, diese ewig sich wandelnden Wesen, erheben sich bis zu Höhen, die uns unerreichbar sind, und bevölkern den Himmel mit ihren vielfachen Gestalten. Aristophanes läßt den Wolkenchor sich mit folgenden Worten einführen:

„Jungfrau'n mit thauendem Haar,
Schwimmende Wolken, ans Licht
Zieh'n wir, die leuchtenden, ewig beweglichen,
Unversieglichen,
Ziehen herauf aus dem Schooße des tosenden
Vaters Okeanos, auf zu den waldigen
Gipfeln der Berge, schau'n
Nieder auf fernhin erglänzende Zinnen, auf
Saaten, hinab auf die säugende, heilige
Erd' und die göttlichen, rauschenden Ströme bis
Hin zu des wogenden, stöhnenden Meeres Fluth:
Denn unermüdet ja leuchtet das Auge des Aethers
Schwimmend in heiterer Klarheit!
Auf denn! Wir schütteln von unsern unsterblichen
Leibern die thauige Hüll' und mit leuchtendem
Aug' überschau'n wir die weite Erde!"

Betrachten wir jetzt die hauptsächlichsten Formen, unter welchen die Wolken erscheinen. Ihre Gestalt ist so unendlich veränderlich von dem dichten Nebel, welcher die Erdoberfläche bedeckt, bis zu den glänzenden feinen Fäden, welche in der Höhe der Atmosphäre schweben. Indessen hat die Nothwendigkeit einer wissenschaftlichen Classification dazu geführt, einige Hauptformen als Typen aufzustellen, an welche sich die große Zahl der übrigen Wolkengestalten anreihen läßt. Howard hat diesen Grundtypen zuerst bestimmte Namen gegeben, und seine Eintheilung, die uns auch im Folgenden als Grundlage dienen wird, ist allgemein angenommen.

Die Wolken, welche sich in unseren Gegenden am häufigsten zeigen, haben gerundete Contouren, scheinen hinter einander zu liegen und ihre scharf begrenzten Umrisse zeichnen sich namentlich im Sommer als gekrümmte weiße Linien von dem Blau des Himmels ab. Man nennt diese Wolkenart Cumulus oder Haufenwolke. Des Morgens steigen sie empor, indem sie langsam an Größe zunehmen, erreichen ihre größte Höhe zur Zeit der größten Tageswärme und sinken nun wieder herab, wobei sie kleiner werden und ganz verschwinden, wenn sie nicht sehr zahlreich waren. Ihre Dicke schwankt zwischen 1000 und 1500 Fuß, ihre Höhe zwischen 1600 und 9000 Fuß. Bisweilen schieben sich diese halbkugelförmigen Massen an-

einander und lagern am Horizonte, wie aufgethürmte Baumwollenmassen oder wie entfernte schneebedeckte Gebirge. Gerade diese Wolkenform ändert am häufigsten ihre Gestalt und eine lebhafte Phantasie kann in ihnen Alles was man will, erkennen, Menschen, Thiere, Bäume, Gebirge. Die Märchen der Bergbewohner erzählen eine Fülle sonderbarer Begebenheiten, bei denen diese Wolken eine Hauptrolle spielen.

Wenn im Sommer warme Süd- und Südwestwinde längere Zeit angehalten haben und nun der Polarstrom die Südströmung zu verdrängen sucht, so werden die Haufwolken zahlreicher und dichter und bilden die als Cumulostratus oder gehäufte Schichtwolke bezeichnete Wolkenform, die öfters als Gewitterwolke in Gestalt einer dunklen, gebirgsähnlichen Masse über dem Horizont erscheint. Im Winter bezieht sich bei längerem Wehen des Aequatorialstroms der ganze Himmel mit Haufenwolken, welche zusammenfließen und eine weiße, zusammenhängende Decke über das ganze Himmelsgewölbe bilden; gewöhnlich sind in diesem Falle Regengüsse zu erwarten.

Unter Stratus oder Schichtwolke versteht man eine oben und unten horizontal begrenzte Wolkenschicht, die man namentlich im Herbste und Winter in langen Streifen am Horizonte lagern sieht.

Wenn eine Wolke sich in Regen auflösen will, so nimmt ihre Dichtigkeit zu, sie wird dunkler und breitet sich über sehr weite Flächen aus, wenn es sich nicht um einen Hagelschauer oder einen Strichregen handelt. Das Wasser würde senkrecht herabfallen, wenn die Atmosphäre ganz ruhig wäre, da aber stets ein wenn auch nur leichter Wind weht, so verfolgt das aus der Wolke strömende Wasser eine schräge Bahn gewöhnlich hinter der Wolke, welche der Wind schnell forttreibt. Eine Wolke, die sich in Regen auflöst, heißt Nimbus oder Regenwolke.

Alle diese Wolken sind aus Wasserbläschen zusammengesetzt, die verschieden groß und mehr oder weniger dicht zusammengedrängt sind. Allein die Wolken bilden sich nicht blos in den Luftschichten, deren Temperatur über dem Gefrierpunkt liegt, sondern durchschiffen auch die Regionen, wo eisige Kälte herrscht. In solchen Höhen gefriert das Wasser der Dunstbläschen zu ganz kleinen Eisnadeln und die aus diesen gebildeten Wolken sind daher Eis- oder Schneewolken, die wir schon bei der Erklärung der Höfe und Nebensonnen besprochen haben. Diese Schneewolken erreichen oft eine so gewaltige Höhe, daß sie gar nicht genähert erscheinen, wenn man sich auch noch so hoch im Luftballon aufgeschwungen hat, während man schon bei einer nur niedrigen Auffahrt sehr bald die übrigen Wolken erreicht. Als Glaisher im Ballon die ungeheure Höhe von 31,000 Fuß erreicht hatte, schienen die Schneewolken noch gerade so hoch über ihm zu stehen, als am Erdboden. Sie bestehen aus feinen Eisnadeln, die sich aneinander drängen und so weißen Bürstenstrichen, Federbärten, Haaren oder einem ungleichmäßigen Netz-

werk gleichen. Ihre mittlere Höhe beträgt 20 bis 21,000 Fuß. Natürlicherweise verharren sie in den Regionen der Luft, wo die Temperatur unterhalb des Gefrierpunktes liegt; allein wie wir gesehen haben, ändert diese Region ihre Lage im Laufe des Jahres und ist von der geographischen Breite abhängig. Mithin können die Schneewolken in der Polarzone und auch bei uns an kalten Wintertagen sich auch in die untere Region der Atmosphäre herabsenken. Bei einiger Uebung erkennt man diese mit dem Namen Cirrus oder Federwolken belegten Wolken sehr leicht, und zwar fällt der Umstand am meisten auf, daß sie fast immer in langen geraden und weißen Streifen angeordnet sind, entsprechend den oberen Luftströmungen.

Bisweilen trübt sich ihre weißliche Färbung, ihre Striche durchkreuzen sich und werden dichter, weil die Feuchtigkeit der oberen Luftschichten wächst. In diesem Falle gleichen sie gekämmten Baumwollenflocken und sehr oft deutet diese Formation auf herannahenden Regen. In diesem Zustande nennt man sie federige Schichtwolken oder Cirrostratus. Sehr häufig sieht man diese Wolkenform am westlichen Himmel als eine Wolkenbank auftreten, wenn der Südwestwind bei noch heiterem östlichen Himmel in den höheren Regionen und dann auch in der Tiefe den herrschenden Polarstrom zu verdrängen sucht.

Bisweilen verwandeln sich die Federwolken auch in leichte Wolken aus Dampfbläschen, die so durchsichtig sind, daß man durch sie hindurch die Sterne und selbst die Flecken des Mondes erkennen kann. Diese in 9000 bis 12,000 Fuß Höhe schwebenden Wolken werden federige Haufenwolken oder Cirrocumulus genannt und bilden rundliche faserige Massen, die sogenannten Schäfchen; sie verursachen die Glorien um Sonne und Mond. Diese Wolken verleihen nebst den Haufenwolken dem Sonnenuntergange seinen schönsten Schmuck, indem sie die Lichtstrahlen brechen und in den prachtvollsten Farben erglühen.

Unter den aus Wasserbläschen gebildeten Wolken nehmen einige besondere charakteristische Formen unsere Aufmerksamkeit in Anspruch, weil aus ihnen die wässerigen Niederschläge stammen. Ein jeder kennt die Gestalt der eigentlichen Regenwolken, aus denen andauernde Regengüsse herabströmen. Der Himmel ist vollständig mit einem grauen Tuch überspannt und der Regen strömt unaufhörlich aus der fast horizontalen unteren Fläche, deren leichte wellenförmige Ausbiegungen sich kaum von der Hauptmasse abheben. Tage lang bleibt der Himmel mit dieser dunklen Decke überzogen, deren Dicke oft gegen 10,000 Fuß beträgt und welche das Sonnenlicht bis zu starker Verdunkelung absorbirt. Da diese Wolken, welche einen sogenannten Landregen verursachen, sich über sehr weite Flächen spannen, so kann man ihre Umrisse nicht erkennen.

Die Wolken, aus denen locale Regengüsse stammen, sind gleich den vorigen zu horizontalen Schichten ausgebreitet; da sie aber einen weit kleineren Raum

einnehmen, so ist ihre Gestalt besser zu erkennen und zeichnet sich auf dem Hintergrunde des Himmels ab, welcher nicht durch ungeheure, übereinander gelagerte Wolkenschichten völlig verhüllt wird, sondern theilweise mit verschieden dicken Haufenwolken bedeckt ist. Der Regen strömt aus den Rändern der Wolke und zeichnet sich in grauen Streifen auf dem blassen Hintergrunde des Himmels. Die Wolke löst sich nicht ganz in Regen auf, vielmehr scheinen einzelne Theile, nachdem sie ihren Ueberfluß von Wasser abgegeben haben, gewissermaßen zu vertrock-

Gewitterwolke.

nen und sich in die Hauptwolke zurückzuziehen, als ob sie einer Molecularanziehung folgten, welche eine Veränderung in der Gestalt der Umrisse bewirkt.

Ganz anders ist die Graupelwolke gestaltet. Sie breitet sich nicht als horizontale Decke aus, sondern bildet eine geschlossene Masse, die oft vereinzelt am blauen Himmel schwebt. Ist sie von der Sonne beleuchtet, so erscheint sie glänzendweiß. Aus ihr strömen kurze, kalte Regenschauer und die Graupelkörner des März und April. Die Hagelwolken verrathen durch ihr Ansehen ein starkes Aneinanderhängen der Theilchen, als ob die gegenseitige Anziehung diese letzteren zu dichten, kugelförmigen Massen zu vereinigen strebte. Sie besitzen eine charakteristische aschgraue Färbung und verursachen eine tiefe Dunkelheit, so daß während des

Digitized by Google

Vorüberziehens der Wolke das Tageslicht bisweilen fast vollständig erlischt. Eine ähnliche starke Anziehung der Massentheilchen bemerkt man bei den Gewitterwolken. Die untere Fläche dieser Wolken ist horizontal und aus dieser ebenen Fläche hängen feder= und säulenartige Gebilde herab, die oft eine unruhige Bewegung zeigen. Bei der Charakteristik der Wolkenformen muß von der helleren oder dunkleren Färbung abgesehen werden, da diese von der Stellung der Wolke in Bezug auf die Sonne und den Beobachter abhängt. Eine sehr ferne Gewitterwolke, welche der Sonne gegenübersteht, erscheint vollkommen weiß; zieht sie aber über unserem Haupte hin, so daß wir nur ihre untere, von der Sonne nicht beleuchtete Fläche erblicken, so ist sie fast schwarz.

Die Schneewolken haben keine bestimmte Form; sie erstrecken sich über ungeheure Flächen, sind aber trotz ihrer oft gewaltigen Dicke doch nicht sehr dicht, so daß die Sonnenstrahlen schwach durch sie hindurchdringen und ihnen eine gelbliche Färbung verleihen.

Zum Schlusse mögen noch einige Beobachtungen folgen, welche Flammarion bei einer Luftfahrt über die physikalischen Verhältnisse der Wolken angestellt hat. „Während des 23. Juni 1867, sagt er, war die Witterung trübe und die gehäuften Schichtwolken dehnten sich als eine ungeheure Decke aus. Um 5 Uhr Abends erreichten wir in 1900 Fuß Höhe die untere Fläche der Wolken; die obere Grenze lag in der Höhe von 2450 Fuß, so daß dies Gewölk, welches die Sonnenstrahlen nicht durchdringen ließ, nur eine Dicke von 550 Fuß besaß. Die relative Feuchtigkeit war am größten an der unteren Grenze der Wolken, wo das Hygrometer 90 Grad angab, während es beim Eindringen in die Wolken allmählig sank, beim Verlassen der Wolken auf 86 und hundert Fuß höher auf 85 Grad zeigte. Bei weiterem Steigen fiel es noch tiefer. Die Wärme dagegen nahm zu, je tiefer wir in die Wolken eindrangen. Das Thermometer, welches am Boden 16 Grad, in der Höhe von 1800 Fuß 12 Grad zeigte, erhob sich beim Eindringen in die Wolken auf 12,8 und beim Verlassen derselben auf 15,2 Grad. Von hier ab fiel ein im Schatten hängendes Thermometer, während ein den Sonnenstrahlen ausgesetztes Instrument stieg. Das Durchfahren der Wolken macht auf den in seinem Ballon einsam im weiten Himmelsraum schwebenden Luftschiffer stets einen eigenthümlichen Eindruck. Wenn man die untere graue und einförmige Nebelschicht verläßt und weiter in die Wolken vordringt, so empfindet man ein unbeschreibliches Gefühl von Behagen, welches ohne Zweifel dadurch hervorgerufen wird, daß ein eigenthümliches, fremdartiges Licht ganz allmählig in dieser weiten Region aufdämmert, welche sich weiß färbt und immer heller wird, je tiefer man in sie eindringt. Und wenn man beim Verlassen der Wolkenschicht plötzlich unter sich den ungeheuren Wolkenocean entrollt sieht, so ist man freudig erstaunt, im hellsten Sonnenlichte dahin zu schiffen, während die Erde im Dunkel begraben ist.

Dagegen empfindet man ein Unbehagen, wenn man beim Niederfahren aus dem blauen Himmel in die düstere Tiefe zurückkehrt." Da Flammarion bei dieser Auffahrt fast 12 Stunden lang in den Lüften verweilte, so konnte er mehrere Male die Höhe der unteren und oberen Wolkengrenze messen. Um 7 Uhr fand er die erstere 1770, die zweite 2280 Fuß hoch, so daß die ganze Wolkenmasse sich in 2 Stunden um 120 Fuß gesenkt und an Dicke abgenommen hatte.

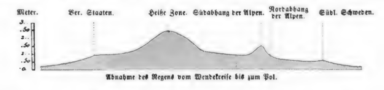
## Drittes Capitel.

# Der Regen.

Nachdem wir die Vertheilung der Feuchtigkeit in der Atmosphäre, die Bildung und das Schweben der Wolken und das Verhalten des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen kennen gelernt haben, können wir uns leicht Rechenschaft geben von der Entstehung des Regens. Derselbe ist nichts anderes, als der Niederschlag des Wasserdampfes, aus welchem die Wolken bestehen. Damit die atmosphärische Feuchtigkeit sich niederschlage, d. h. zu vollen Tropfen verdichte, die vermöge ihres Gewichtes durch die Luft herabfallen und den Regen bilden, muß der Molecularzustand der Wolke durch eine äußere Ursache verändert werden. Diese Veränderung wird durch die oberen Wolken, die Eiswolken, hervorgerufen. In manchen Fällen genügt ein unbedeutender Umstand, diese Veränderung zu bewirken; sind beispielsweise die Haufenwolken vollständig gesättigt, so reicht eine ganz geringe Abkühlung hin, sie zu verdichten und einen Theil der Dampfbläschen in Tropfen zu verwandeln. Gewöhnlich wird also der Regen dadurch hervorgerufen, daß zwei Wolkenschichten übereinander lagern, wobei die obere die Verdichtung der unteren bewirkt. Monck-Mason hat bei seinen Luftfahrten bemerkt, daß jedesmal, wenn es bei völlig bedecktem Himmel regnet, oberhalb der unteren Wolkendecke in gewisser Höhe eine zweite lagert, und daß, wenn es nicht regnet, obschon der Himmel vollständig mit einer grauen Decke überzogen ist, sich oberhalb der Wolkenschicht auf weite Strecken hin freier Himmel befindet, an dem die Sonne unverschleiert glänzt. Schon Saussure hatte bei seinen Alpenreisen dieselbe Wahrnehmung gemacht, und Hatton bemerkte, daß wenn zwei gesättigte oder fast gesättigte Luftmassen von ungleicher Temperatur sich begegnen, stets Wasserdampf condensirt wird. Rozet folgerte aus einer langen Beobachtungsreihe, daß Gewitter und Regen aus einem Zusammentreffen von Cirrus- und Haufenwolken, d. h. von

Eisnadeln und Dampfbläschen entstehen. Kämptz und Martins sind derselben Ansicht; Renou fügt noch hinzu, daß der Wasserdampf in der äußerst feinen Vertheilung, wie er in den Wolken und Nebeln enthalten ist, sich auf 16 und selbst 20 Grad unter Null abkühlen kann, ohne zu gefrieren, und daß der Regen und der Hagel dadurch entstehen, daß Eiswolken sich mit den aus Dampfbläschen gebildeten Haufenwolken vermischen. Dies ist die gewöhnliche Entstehung des Regens; bisweilen indessen fällt er bei ganz klarem Himmel, wovon man zahlreiche Beispiele hat. Dieser aus heiterer Luft fallende Regen entsteht dadurch, daß entweder Dämpfe sich zu Tropfen verdichten, ohne den Zwischenzustand der Nebelbläschen durchzumachen, oder daß ein heftiger Wind aus stundenweiter Entfernung die Tropfen herbeitreibt. Dalton hat in England das Fallen salziger Regentropfen mehr als 20 Stunden von der Küste entfernt beobachtet.

Die Fortbewegung der Wolken spielt also eine Hauptrolle bei der Auflösung dieser nebligen Massen, sowie hinsichtlich der Menge und der Vertheilung des Regens. Wir haben diese Thatsache schon oben erwähnt, als wir den Zusammen-



Abnahme des Regens vom Wendekreise bis zum Pol.

hang zwischen der Windrichtung und der Häufigkeit und Reichlichkeit des Regens besprachen. Der in unseren Gegenden vorherrschende Südwestwind ist gleichzeitig der feuchteste Wind, weil er den über dem Ocean aufsteigenden Wasserdampf mit sich führt, wobei es übrigens keineswegs nothwendig ist, daß dieser Dampf sich zu Wolken verdichtet.

Die ungeheure Verdunstung des Wassers an der Oberfläche des Oceans, die unausgesetzt vor sich geht, ist die eigentliche Ursache der Wolken- und Regenbildung. Die Passatwinde, welche in der Tropenzone über das Meer hin wehen, treiben diesen Wasserdampf bis zu der Calmenregion, wo die Luft bis zu gewaltigen Höhen emporsteigt und als Gegenpassat mit Feuchtigkeit beladen in die gemäßigten Zonen zurückkehrt. Während des Aufsteigens in der Aequatorialgegend verdichtet sich ein Theil der Feuchtigkeit, so daß es dort eine Zone beständiger Wolken und Regen giebt. Es ist dies der sogenannte äquatoriale Wolkenring (von den englischen Seeleuten cloud-ring, von den Franzosen pot au noir genannt). Auf dem Planeten Jupiter vollzieht sich ein ähnlicher Vorgang und wir erkennen durch das Fernrohr trotz der Entfernung von 86 Millionen Meilen deutlich die äquatorialen Streifen.

Die aus Süd und Südwest über den Ocean herkommenden Wolken ergießen das Wasser auf ihrem Wege je nach ihrer Höhe und Temperatur, je nachdem dünnere oder dichtere Wolken über ihnen stehen, je nach den Winden, die sie beeinflussen, und nach dem Relief des Bodens, über den sie hinziehen. Bei sonst gleichen Verhältnissen nimmt die Regenmenge vom Aequator zum Pol hin ab, weil einerseits die Verdunstung zum bei weitem größten Theil in der heißen Zone vor sich geht, und andererseits die Dampfmenge, welche die Luft in sich aufnehmen kann, sehr schnell bei steigender Wärme wächst. Während in Guayana beispielsweise jährlich mehr als zwei Meter Wasser fallen, beträgt die Regenhöhe in Archangel kaum 20 Centimeter. Die Regenmenge nimmt ferner ab, wenn man sich in der Richtung der herrschenden Winde von der Küste entfernt. Man erkennt leicht, daß die Wolken, da sie ihren Dampfgehalt im Binnenlande nicht ergänzen können, um so seltener und um so weniger Regen geben können, je weiter man von der Küste entfernt ist. So fallen in Bayonne 124, in Gibraltar 120, in Nantes 130 Centimeter Regen, während die Regenhöhe in Frank-

Abnahme des Regens mit der Entfernung vom Ocean.

furt nur 42, in Petersburg und Wien 45 Centimeter beträgt. Im westlichen Sibirien fallen nur noch 20 Centimeter, im östlichen noch weniger.

Bei der Zusammenstellung sehr vieler Beobachtungen läßt sich ein drittes Gesetz hinsichtlich der Vertheilung des Regens erkennen. Es macht sich nämlich der Einfluß der Bodengestaltung deutlich wahrnehmbar. Wenn eine mit Feuchtigkeit gesättigte Luftmasse auf eine Gebirgskette trifft, so muß diese Bodenerhebung einen Theil des Gewölkes festhalten. Die an den Abhängen der Berge nach oben ziehenden Luftströmungen führen die Wolken in die Höhe, wobei sie sich durchschnittlich für je 700 Fuß um einen Grad abkühlen und eine fortschreitende Verdichtung erleiden, so daß, wenn sie den Kamm des Gebirges erreicht haben, ein Theil ihrer Feuchtigkeit auf der Wetterseite des Gebirges oder auf dem Kamm selbst fällt. Auch die verlangsamte Fortbewegung der Wolken begünstigt das Ausscheiden der Feuchtigkeit, ähnlich wie eine Verlangsamung des in einem Flusse strömenden Wassers das Niedersinken der mitgerissenen Sand- und Kiesmassen begünstigt. Auf einem mit Bergen besäeten Lande wird daher mehr Regen fallen, als in einer völlig flachen Gegend, wo die Wolken ohne Hinderniß über weite Ebenen hinziehen. Ebenso fällt mehr Regen auf der Südwest- und Westseite der Gebirge, als auf dem entgegengesetzten Abhange. Während

die über Lissabon hinziehenden Wolken dort nur 70 Centimeter Wasser fallen lassen, werden sie durch die hohen Gebirge Portugals aufgehalten und ergießen in Coimbra drei Meter Wasser.

In manchen Gegenden treffen die der Regenbildung günstigen Bedingungen in so hohem Grade zusammen, daß der Regen sich dort förmlich festsetzt, als würde er unaufhörlich dorthin gezogen. So hält die hohe Kette des Himalaya die Wolken, die durch die starke Verdunstung an der weiten Fläche des indischen Oceans gebildet worden sind, fest. Zu Tschir=Pantschi, welches auf dem Garrow=gebirge in 4000 Fuß Meereshöhe südlich vom Thale des Brahmaputra liegt, beträgt die Regenhöhe fast 15 Meter. Der nördliche gebirgige und dem Wende=kreise nahe Theil Indiens empfängt wahrscheinlich den meisten Regen auf der ganzen Erdoberfläche; hier ist auch das Wasserreservoir, welches die großen Ströme Asiens speist. Auf dem Westabhange der Ghates beträgt die Regenhöhe 7,67 Meter. Man hat in diesen Gebirgen Regengüsse fallen sehen, welche, ob=

Zunahme des Regens mit der Bodenerhebung.

schon sie nur vier Stunden anhielten, doch eine Wassermenge lieferten, die einer Regenhöhe von 76 Centimeter entspricht, d. h. es fiel in dieser kurzen Zeit mehr Regen, als in Paris während eines ganzen Jahres. Ohne Zweifel findet sich in der heißen Zone keine zweite Gegend, welche die Bildung des Regens in gleichem Grade begünstigt. Die Antillen sind nicht breit genug, um das seitliche Aus=weichen der Winde und der Wolken zu verhindern; trotz dessen beträgt an einigen wenigen Orten daselbst die jährliche Regenhöhe 10 Meter. In Vera Cruz am Golf von Mexiko, wo es fast nur im Sommer regnet, liefern diese Sommer=regen mehr als vier Meter Wasser. Außerhalb der heißen Zone findet man keine so auffälligen Regenhöhen außer an den Abhängen der Gebirge, die sich den herrschenden Winden in den Weg stellen. Dies ist z. B. der Fall mit dem Kjölen=Gebirge, welches Norwegen von Schweden trennt und den vorherrschenden Westwind auffängt. Deshalb empfängt der westliche Abhang weit mehr Regen, als der östliche; in Bergen beträgt die Regenhöhe 265 Centimeter und ist beträcht=licher, als in jeder anderen europäischen Stadt. Aehnliche Verhältnisse zeigen sich bei dem von Südost nach Nordwest streichenden Riesengebirge; auf der höh=

Digitized by Google

mischen Seite fällt fast drei mal so viel Regen, als auf dem nach Nordosten gewendeten schlesischen Abhange.

Indem man die an sehr vielen, über die ganze Erdoberfläche zerstreuten Orten angestellten Beobachtungen mit einander verglich, konnte man eine Karte entwerfen, welche die Regenverhältnisse auf der Erde zur Anschauung bringt. Der stärkste Niederschlag über dem atlantischen Ocean findet nördlich vom Aequator statt, im stillen Ocean dagegen und in Südamerika zu beiden Seiten dieser Linie. Die Regenhöhe übersteigt 2 Meter in folgenden Ländern: in Asien auf Borneo, Java, Sumatra, den Gebirgen von Kambodja, am Südabhange des Himalaya und an der Westküste von Vorderindien; in Afrika längs des Plateaus der Ostküste; in Südamerika an der Küste von Guayana, am Cap Horn, auf den Anden von Chile und den Gebirgen nördlich von Peru, während dies letztere Land regenlos ist, endlich an dem Westabhange des Gebirges an der Westküste Nordamerikas zwischen dem 50. und 60. Breitengrade.

Das regenlose Gebiet umfaßt die Sahara, Oberägypten, Arabien und Theile von Persien und reicht bis in die Mongolei, selbst bis nach Sibirien, wird aber durch eine Gegend Mittelasiens unterbrochen, wohin die Monsune etwas Regen treiben.

Betrachten wir speciell Europa, so finden wir reichliche Regen von ein bis zwei Metern in den Küstengegenden Portugals, der Bretagne, Irlands und Norwegens. Die Regenmenge nimmt von Westen nach Osten ab, doch finden sich nach Osten hin einige Gegenden, wo die Gebirge einen stärkeren Niederschlag hervorrufen. Einige Gegenden empfangen nur sehr wenig Regen, wie z. B. Griechenland; das Clima Attikas ist trocken und der Himmel fast immer heiter. Man schreibt sogar dieser großen Trockenheit der Luft, welche seit langer Zeit bekannt ist, die Erhaltung der aus dem Alterthum stammenden atheniensischen Bauwerke zu.

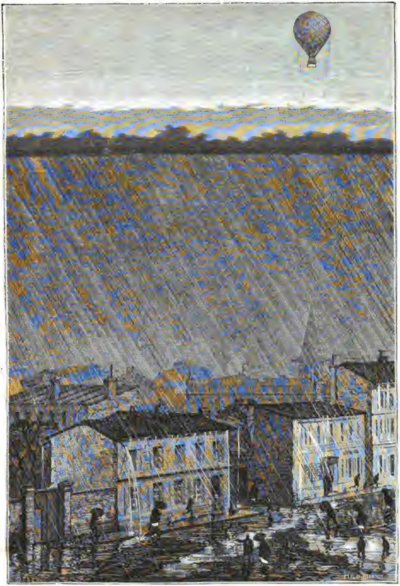
Die nördliche Halbkugel empfängt etwa den vierten Theil mehr Regen, als die südliche, und verdankt diesen Ueberschuß der nördlichen Lage des Calmengürtels sowie den Monsunen. Da nun die nördliche Halbkugel weit mehr Land in sich schließt, als die südliche, welche fast ganz vom Meere bedeckt ist, so muß auf der letzteren eine ungleich größere Wassermasse verdunsten. Ein Theil dieses Wasserdampfes wird auf die nördliche Halbkugel herübergeführt, so daß das Wasser, welches bei uns aus den Wolken strömt und unsere Bäche und Flüsse speist, zum Theil aus der südlichen Halbkugel stammt. Da die Vertheilung des Regens durch die Temperatur und die herrschenden Winde bedingt wird, so muß die Menge des Niederschlags in den einzelnen Ländern je nach den Jahreszeiten verschieden sein, wie es die Beobachtungen auch bestätigen. Die Gegenden, welche eine sogenannte Regenzeit haben, sind die Länder zwischen den Wendekreisen, wo

die Sonne zwei mal im Jahre scheitelrecht steht und in dieser Zeit übermäßige Hitze erzeugt, welche ihrerseits eine starke Verdünnung der Luft hervorruft und die leichten Luftmassen bis zu Höhen emporsteigen läßt, wo eine starke Abkühlung den Wasserdampf in Regen verwandelt. Man kann sich keine Vorstellung machen von den Wassermassen, welche sich während der Regenzeit in die Becken des Amazonenstroms und des Orinoco ergießen. Diese gewaltigen Ströme und ihre Nebenflüsse schwellen alsdann um mehr als 10 Meter an, treten über ihre Ufer und verwandeln eine Landstrecke von der Größe Europas in ein Süßwassermeer, welches bei seinem Abfließen in den Ocean den Salzgehalt des letzteren bis auf weite Strecken von der Küste verringert und mit dem verglichen die großen Seen Nordamerikas kleine Teiche sind.

Wir sahen oben, daß in dem Calmengürtel, wo die von beiden Seiten herbeiströmende Luft emporsteigt, eine starke Condensation des Wasserdampfes erfolgt, so daß hier beständig starke Wolkenbildung und Regengüsse stattfinden. Wenn diese Zone der Windstillen ihre Lage nicht veränderte, so müßte in der Nähe des Aequators eine ununterbrochene Regenzeit herrschen, während zu beiden Seiten, wo die Passate wehen, der Himmel beständig heiter sein müßte. Da nun aber die Calmen sich im Laufe des Jahres verschieben, so wird ein Ort, der bald in dem Calmengürtel, bald in der Passatregion liegt, dem entsprechend bald eine regnerische, bald eine trockene Jahreszeit haben. Da die Calmenzone nur schmal ist, so giebt es in der Nähe des Aequators Orte, über die sie ganz hinwegzieht und die daher zeitweise in jeden der beiden Passate gerathen; solche Orte haben zwei Regenzeiten, welche durch trockene Witterung getrennt sind. Dies ist beispielsweise der Fall für Surinam (unter dem 5. Grade nördlicher Breite), wo die erste Regenzeit vom April bis zum Juni dauert, während die zweite den December und Januar umfaßt. Orte, welche weiter vom Aequator entfernt sind, gerathen nur einmal und zwar zur Zeit ihres Sommers in den Calmengürtel und haben jetzt ihre Regenzeit, gehören aber während der anderen Zeit des Jahres dem Gebiete des Passates an und haben alsdann heitere, regenlose Witterung.

In den Vereinigten Staaten, in Spanien, dem südlichen Frankreich, Griechenland, der Türkei, Kleinasien, China und Japan beschränkt sich der Regen fast ganz auf den Winter; im Sommer läßt sich oft monatelang auch nicht das geringste Wölkchen am Himmel sehen. Dasselbe gilt für Orte der südlichen Halbkugel zwischen dem 25. und 40. Breitengrade, wie Buenos-Ayres, die Capstadt und Melbourne.

In einer Zone, welche sich vom 40. bis zum 60. Breitengrade erstreckt und nördlich von Island und Norwegen selbst bis zum 75. Grade geht, um sich in Asien wieder zu senken, regnet es in jeder Jahreszeit. Indessen ist auch hier die Regenmenge in den einzelnen Jahreszeiten sehr verschieden. Im mittleren



Durchschnitt der Atmosphäre während des Regens.

Digitized by Google

Europa fällt der meiste Regen im Sommer, der wenigste im Frühling; für Berlin beträgt beispielsweise die Regenhöhe im Winter 11,2, im Frühling 11, im Sommer 18,1, im Herbste 11,8 und für das ganze Jahr 52,1 Centimeter. Unter allen Städten Europas empfängt Bergen den meisten Regen, da hier die Regenhöhe 225 Centimeter beträgt. Diese auffallende Erscheinung hat ihren Grund in den örtlichen Verhältnissen. Die Stadt liegt an einer weiten Bai und wird von den Westwinden bestrichen, welche durch das östlich von der Stadt aufsteigende Gebirge festgehalten werden. In Holland, Belgien, Deutschland, Polen schwankt die Regenhöhe zwischen 70 und 40 Centimeter, und zwar ist ein deutliches Abnehmen des Regens von Westen nach Osten bemerkbar. Während in Belgien 70 Centimeter Regen fallen, beträgt die Regenhöhe unter gleichem Breitengrade im westlichen Deutschland nur 50, im östlichen Deutschland z. B. in Breslau nur noch 35 Centimeter, und sinkt immer tiefer, je mehr man sich Asien nähert. In allen diesen Gegenden, sie mögen dem Meere nahe oder fern liegen, sind Sommer und Herbst die beiden feuchtesten Jahreszeiten. Die britischen Inseln empfangen wegen ihrer Lage zwischen zwei Meeren weit mehr Regen, als ihnen mit Rücksicht auf ihre geographische Breite zukommt. In Dublin beträgt die Regenhöhe 74 Centimeter, während in dem weit südlicher gelegenen Paris nur 50 Centimeter fallen.

Die Menge des Wassers, welches während des Regens zur Erde strömt, wird mit dem sogenannten Udometer oder Regenmesser bestimmt. Dies Instrument besteht der Hauptsache nach aus einem Trichter, welcher den Regen auffängt, und aus einem Reservoir, in welchem das Wasser sich ansammelt und wo es verbleibt, bis es mit einem Maßglase gemessen wird. Einzelne derartige Apparate registriren sich selbst und sind nach dem Princip des sogenannten Tantalusbechers construirt, der sich selbst entleert, sobald er ganz gefüllt ist, aber nicht eher. Man hat daher nur zu zählen, wie oft ein solches Ausleeren stattfindet, um die in einer bestimmten Zeit gefallene Regenmenge kennen zu lernen; auch dies Zählen wird durch eine mechanische Vorrichtung ausgeführt. Es genügt, wenn die Oberfläche des Regenmessers vier Quadratdecimeter Inhalt hat. Auf der Pariser Sternwarte befinden sich zwei Regenmesser, der eine auf der Terrasse, der andere im Garten; beide haben 8 Decimeter Durchmesser. Lange Zeit hindurch gab der obere regelmäßig vier bis fünf Millimeter weniger Regen an, als der untere, und man hatte auf diese Beobachtung eine vollständige Theorie gegründet, nach welcher die Regentropfen beim Herabfallen an Größe zunehmen sollten, so daß an einem tiefer gelegenen Orte mehr Regen fallen müßte, als an einem höher gelegenen. Allein diese Abweichung hatte ihren Grund in Luftströmungen und ist verschwunden, seit man die Ursachen beseitigt hat, welche jene Luftwirbel hervorriefen.

Der Charakter eines Jahres hinsichtlich der Erndte hängt weit mehr von der Vertheilung des Regens über die einzelnen Monate, als von der Gesammtmenge des Niederschlags ab. So bewirken starke Regen im August und September eine schlechte Weinerndte, wie es in dem so sehr feuchten Jahre 1866 der Fall war; umgekehrt leiden bei Trockenheit im April und Mai die Saaten

Der Regenmesser auf der Terrasse der Pariser Sternwarte.

und die Wiesen. Dreißigjährige Beobachtungen auf der Brüsseler Sternwarte ergeben, daß in Belgien im August am meisten und im März am wenigsten Regen fällt; zwischen diesen beiden nicht gleich weit von einander entfernten Monaten nimmt die Regenmenge ziemlich gleichmäßig zu und ab; der September allein bildet eine Ausnahme, da in ihm weniger Regen fällt, als ihm eigentlich zukäme. Im August regnete es nicht nur am reichlichsten, sondern auch am häu-

figsten. Während 30 Jahren betrug die Regenmenge mehr als 10 Centimeter 7 mal im August, 5 mal im Juni, 4 mal im October, 3 mal im Juli, Mai, November und December, 2 mal im September, April und März, und einmal im Januar; im Februar war sie stets geringer. Mithin fallen die reichlichsten Regen in der heißen, die sparsamsten in der kalten Jahreszeit. Die Regen des Sommers und des Herbstes liefern einen Ueberschuß über das Mittel, während die Regen des Winters und Frühlings unter dem Mittel bleiben. Dagegen hält der Regen, obschon er weniger Wasser giebt, am längsten an während des Winters und Frühlings und dauert am längsten im März, am kürzesten im Juli. Auch in Bezug auf die Tageszeiten waren die Regen sehr ungleich vertheilt; am häufigsten regnete es um 3 Uhr Nachmittags, und zwar trat dies deutlicher für den Sommer hervor, als für den Winter. Am seltensten regnete es 12 Stunden später um 3 Uhr Morgens.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Regentropfen fallen, läßt sich sehr einfach annähernd bestimmen. Im Eisenbahnwagen bemerkt man oft, daß der Regen, wenn der Wagen in schneller Fahrt ist, auch bei ganz ruhiger Luft sehr schiefe Striche auf der Fensterscheibe zieht. Wäre der Zug in Ruhe, so müßten senkrecht herabfallende Regentropfen eine senkrechte Linie ziehen, und umgekehrt würde ein ruhender Tropfen auf der von dem Zuge mit fortgeführten Scheibe eine horizontale Linie beschreiben. Da nun beide Bewegungen gleichzeitig stattfinden, so entsteht eine schiefe Linie, und es verhalten sich die Abweichungen in horizontaler und vertikaler Richtung zu einander, wie die Geschwindigkeiten des Zuges und der Tropfen. Ist daher die erstere bekannt, so kann man die zweite leicht berechnen, wobei immer vorausgesetzt ist, daß die Luft windstill ist und die Tropfen senkrecht fallen. Nachdem wir soeben die Entstehung und die Vertheilung des Regens über die Erdoberfläche besprochen haben, wollen wir das Regenwasser auf seinem weiteren Wege verfolgen und die Wirkungen betrachten, welche übermäßige Regengüsse hervorrufen.

„Die Sonne, schrieb Louis Napoleon, bevor er zur Herrschaft gelangte, absorbirt die Dünste der Erde, um sie später als Regen über die Gefilde zu ergießen und diese letzteren fruchtbar zu machen. Vollzieht sich diese Wiedergabe des Wassers in regelmäßiger Weise, so hat sie allgemeine Fruchtbarkeit zur Folge; wenn aber der Himmel in seinem Zorn das absorbirte Wasser an einzelnen Orten in Stürmen und Gewittern ergießt, so werden die Keime der Production zerstört und es tritt Mißwachs ein, denn an der einen Stelle fällt zu viel, an der anderen zu wenig Regen. Möge nun aber die Thätigkeit der Atmosphäre in dieser Beziehung wohlthätig oder schädlich sein, stets wird im Laufe eines Jahres fast die gleiche Menge Wasser der Erde entzogen und ihr wieder zurückgegeben, nur die Vertheilung ist in den einzelnen Jahren verschieden. Ist dieselbe regelmäßig

und gleichförmig, so schafft sie Ueberfluß; ist sie hier verschwenderisch, dort sparsam, so führt sie Hungersnoth herbei.“ Der Gefangene von Ham knüpft an dies Bild eine Betrachtung über die Verwaltung, welche dem Lande Geld in Form von Steuern entzieht und an dasselbe in gleichmäßiger Vertheilung ohne Begünstigung einzelner Stände zurückgeben muß, wenn das Gemeinwohl gefördert werden soll.

In der That schüttet der Regen Segen oder Verderben, Ueberfluß oder Mangel über die Erde aus. Wie er der Arbeit des Landmanns zu Hülfe kommt, so vernichtet er oft die berechtigtsten Hoffnungen.

Der Regen ernährt die Gewächse nicht blos durch die Feuchtigkeit, welche er dem Boden zuführt; er bringt auch eine gewisse Menge Ammoniak mit sich, aus welchem die Pflanzen den zu ihrem Gedeihen unentbehrlichen Stickstoff gewinnen; er vermischt mit der Ackererde die Verwesungsproducte von Thieren und Pflanzen, welche sich in regenlosen Gegenden ohne Nutzen für die Vegetation zersetzen; er befeuchtet den Dünger, welchen der Landmann dem Boden zuführt, und befördert die Assimilation desselben durch die Pflanzen; endlich ist es wahrscheinlich, daß die Gewächse einen großen Theil ihres Wasserstoffes durch die Zersetzung des eingeathmeten Wasserdampfes erhalten. Das so sehr flüchtige Ammoniak, welches beständig in der Atmosphäre enthalten ist, wird der Dammerde durch den Regen, namentlich durch den Gewitterregen, zugeführt; ein Liter Regenwasser enthält durchschnittlich $^4/_5$ Milligramm Ammoniak, d. h. $4^1/_2$ mal mehr, als Flußwasser und 9 mal mehr, als Quell- und Brunnenwasser. Die Fähigkeit der Dammerde, das Ammoniak des durchsickernden Regenwassers festzuhalten, erklärt es, daß dieser Stoff so sparsam in dem Wasser der Flüsse und der Quellen vorkommt. Der Schnee ist noch reicher an Ammoniak, als der Regen, indem er bei längerem Lagern das vom Boden ausgehauchte Ammoniak aufnimmt; er enthält bisweilen 10 Milligramm auf ein Liter, wenn er längere Zeit gelegen hat. Noch reicher an diesem Stoff ist der Nebel; Boussingault hat aus einem Liter Wasser, welches aus einem starkriechenden Nebel stammte, fast zwei Decigramm kohlensaures Ammoniak gewonnen. Es ist schon oben bemerkt, daß solche flüchtigen Salze am reichlichsten in den ersten Tropfen eines Regengusses enthalten sind, und daß sie immer sparsamer werden, je länger der Regen anhält.

Sehen wir jetzt, welchen Weg das zu Boden gekommene Regenwasser einschlägt. Ist der Boden durchlässig, so dringt das Wasser mehr oder weniger tief ein und durchtränkt das Erdreich, wie einen Schwamm; ist der Boden dagegen undurchlässig, so dringt es kaum ein, benetzt nur die Oberfläche und gleitet an den Hängen herab, wobei es Alles auf seinem Wege überschwemmt. Indessen dringt das Wasser auch bei durchlässigem Boden nicht in große Tiefen ein, vielmehr findet auch hier ein Niedergleiten statt, wenn auch in geringerem Maße.

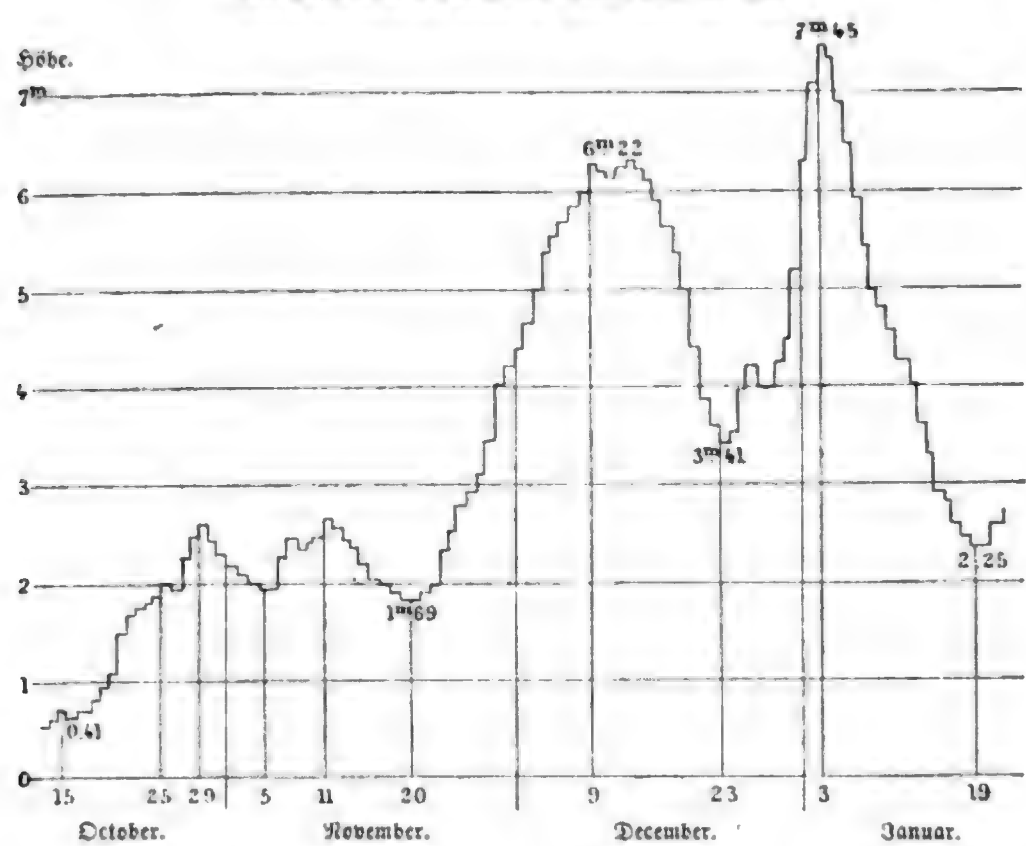
Nach Rozets Untersuchungen muß es in der Touraine einen ganzen Tag lang regnen, wenn das Wasser in beackerten Boden zwei Decimeter tief eindringen soll, und selbst nach den heftigsten, mehrere Tage lang anhaltenden Regengüssen wird der Boden nicht über einen Meter tief durchnäßt. Die unterirdischen Wasserbehälter, welche den Erdkörper mit Wasserläufen wie mit Adern durchziehen, werden nicht durch das an Ort und Stelle gefallene Regenwasser, welches den Boden durchdringt, gespeist, sondern durch das Wasser, welches oft in weiter Entfernung auf Felsen und undurchlässigen Boden gefallen und durch Spalten und Ritzen des Gesteins eingesickert ist.

Die Ueberschwemmungen, welche die Flüsse anrichten, haben ihren Grund entweder darin, daß ungewöhnlich reichliche Regen fallen und zu schnell abfließen, oder daß plötzlich sehr schnelles Schmelzen reichlicher Schnee- und Eismassen eintritt; da das im Gebiete eines Flusses gefallene Regenwasser durch den Fluß in das Meer geschafft werden muß, so schwillt in solchem Falle der Strom an und tritt über seine Ufer. Das Gebiet der Seine hat beispielsweise eine Oberfläche von 44,000 Quadratkilometer und erhält jährlich 28,000 Millionen Kubikmeter Regen; nimmt man an, daß hiervon 50 Procent verdunsten, so bleiben 14,000 Millionen zur Speisung der sämmtlichen Wasserläufe des Seinegebietes übrig. Bei ungleicher Vertheilung dieser Wassermasse, welche die Seine in das Meer führen soll, müssen Ueberschwemmungen entstehen. Man ist gewöhnlich zu der Annahme geneigt, daß das Wasser, welches im Laufe eines Jahres als Regen fällt, nicht ausreiche, alle die gewaltigen Stromsysteme zu speisen, welche die Länder durchschneiden; allein dies ist eine irrige Ansicht. Wir kennen für viele Orte der Erde die durchschnittliche Menge des jährlich fallenden Regens, und wenn wir die Ausdehnung der benetzten Fläche berücksichtigen, finden wir stets, daß weit mehr Wasser fällt, als zur Speisung der Flüsse erforderlich ist. Es müssen nämlich die benetzten Flächen einen großen Theil des Wassers, das für gewöhnlich nur wenig tief in den Boden eindringt, sofort durch Verdunstung in die Atmosphäre zurückschicken; diese Wassermenge, deren Gewicht jeder Vorstellung spottet, bleibt daher in ewigem Auf- und Absteigen zwischen Himmel und Erde, indem sie bald als Regen herabfällt, bald als Wasserdampf emporsteigt. Wie ungeheuer die Verdunstung ist, welche auf der ganzen Erde vor sich geht, wird aus dem Folgenden klar. Wir wollen annehmen, was ohne Zweifel noch hinter der Wirklichkeit zurückbleibt, daß die Gesammtmenge des jährlich fallenden Regens rund um die ganze Erde eine Schicht von 50 Centimeter Dicke bilden würde, wenn nicht einerseits die Infiltration, andererseits die Verdunstung den Boden nach jedem Regengusse wieder trocknete. Diese Schicht würde, wie eine einfache Rechnung ergiebt, 63½ Billionen Kubikmeter Inhalt haben, so daß für jeden Tag 175,000 Millionen Kubikmeter Regen fallen. Da nun sämmtliches Regenwasser

durch Verdunstung in die Luft gelangt, so muß täglich eine ebenso große Menge verdunsten, was für die Secunde mehr als 2 Millionen Kubikmeter, d. h. mehr als 2000 Millionen Liter ergiebt.

Die Quellen entstehen dadurch, daß Regenwasser, welches in Sandboden oder anderes durchlässiges Erdreich eingesickert ist, auf undurchlässige Lagen von Felsen, Kreide oder Thon trifft, auf welchen es entlang gleitet, bis es am Abhang einen Ausweg findet und hervorsprudelt. So stammt beispielsweise das Wasser der in

Das Anschwellen der Seine im Winter 1801 und 1802.




Paris gebohrten Brunnen aus der Champagne und fließt von dort zwischen zwei undurchlässigen Schichten mehrere zwanzig Meilen weit. Man hat viel über einige Quellen geschrieben, welche oben auf Hügeln entspringen, wie z. B. die schwachen drei Wasseradern auf dem Mont-Martre, und hat vermuthet, daß hier das Wasser auf irgend eine Weise nach oben getrieben würde; allein die Angaben der Regenmesser beweisen, daß der auf diese kleine Fläche fallende Regen mehr wie ausreichend ist, um diese mageren Quellen zu speisen, ja daß noch ein beträchtlicher Ueberschuß bleibt.

Das außerordentliche Anschwellen und das Austreten der Flüsse wird durch die Regenverhältnisse in den verschiedenen Gegenden des Flußgebietes bewirkt. Fallen in einzelnen Theilen desselben reichliche und anhaltende Regen, so erfolgt doch nur ein mäßiges Anschwellen des Stromes; wenn sich aber ein solches an-

dauerndes Regenwetter über dem ganzen Gebiete entladet, so schwellen zwar die Nebenflüsse oft nur mäßig an, bewirken aber ein starkes Steigen des Hauptstromes. Wenn die Yonne, Marne, Aube, der Armancon, Serein und Loing alle gleichzeitig ein Uebermaß von Regen erhalten und diese Wassermassen in die selbst schon angeschwollene Seine ergießen, so steigt dieser Fluß ungewöhnlich hoch, auch wenn keiner der Nebenflüsse eine übermäßige Höhe erreicht. Das stärkste und längste Anschwellen der Seine fand in diesem Jahrhundert im Winter von 1801 auf 1802 statt. Der hohe Wasserstand dauerte vom 15. October bis zum 19. Januar und hielt also 96 Tage an. Bemerkenswerth war hierbei, daß er durch kein außerordentliches meteorologisches Ereigniß veranlaßt wurde, sondern einfach seinen Grund in dem Anschwellen der 15 Nebenflüsse hatte.

Die großen Ueberschwemmungen des Jahres 1856, deren man noch mit Schrecken gedenkt, und welche die beiden reichen und weiten Flußgebiete der Loire und Rhone verwüsteten, entstanden durch überreiche Regen, welche auf dem undurchlässigen Terrain jener Gegenden hinabglitten. Rhone und Saone verhalten sich ganz verschieden. Für die langsame Saone erleidet das Niveau starke Schwankungen, steigt im Januar auf 2,29 Meter und sinkt im August auf 0,53 Meter, während die Tiefe der schnell strömenden Rhone bei Lyon nur zwischen 1,44 (September) und 0,85 Meter (Januar) schwankt. Obwohl sie ihren höchsten Stand im Sommer erreicht, tritt sie doch am häufigsten zwischen November und Mai über ihre Ufer, was stets durch die Saone hervorgerufen wird. Diese Ueberschwemmungen lassen sich nur schwer durch genügende Deiche eindämmen. Die Loire, welche früher oberhalb Orleans 3500 Meter breit war, ist durch Deichbauten auf ein Bett von 280 Meter Breite beschränkt worden; bei Jargeau ist sie nur 250 Meter breit, während sie sich hier ehemals seitwärts bisweilen über einen Raum von 7000 Meter Breite ausdehnte. Im Jahre 1856 durchbrach sie diese Deiche an 73 Stellen. Die Ueberschwemmungen der Rhone fanden gegen Ende des Mai statt. Ungewöhnlich schwere Regen, die während des ganzen Monats fielen, hatten am 20. ein allgemeines Anschwellen der Flüsse in ganz Frankreich bewirkt, welches nur ein Vorspiel für die Ueberschwemmungen war, welche das Rhone- und Loiregebiet heimsuchen sollten. Am 31. glich die Rhone bei Lyon einem reißenden Bergstrom, der untere Theil der Stadt war überschwemmt und das Wasser stieg in einigen Straßen bis in den ersten Stock der Häuser, deren mehrere zusammenstürzten. Das ganze Quartier von Guillotiere wurde unter Wasser gesetzt, während zweier Tage und Nächte stürzten Häuser ein und ihre Trümmer trieben auf den reißenden Wellen. Als der Deich brach, wurden die Einwohner im Schlafe von dem Wasser überrascht; die meisten wurden von den Wogen fortgerissen, bevor sie sich besinnen konnten, und obschon so schnell wie möglich Hülfe herbeieilte, wurden doch sehr Viele nicht wieder gesehen. Die Rhone stand noch $1^1/_2$ Meter

höher, als im Jahre 1840, wo sie schon so arge Verheerungen angerichtet hatte. Wohngebäude, Ackerfelder, Straßen, Eisenbahnen, Alles wurde während der beiden Tage dieser schrecklichen Ueberschwemmung zerstört; man veranschlagte den im Rhonegebiet angerichteten Schaden auf 200 Millionen Francs; im Loirethal war der Schaden kaum geringer. Fast alle Flüsse des südlichen Frankreich waren durch lange anhaltende wolkenbruchartige Regen angeschwellt worden, allein keiner war in dem Maße wie die Rhone gestiegen. In Colmar fielen vom 27. April bis Ende Mai 19 Centimeter Wasser, in Versailles 15, vom 30. bis zum 31. allein 6 Centimeter. Wenige Tage vor diesen sündfluthartigen Regengüssen bemerkte man, daß die Federwolken mit der ungewöhnlichen Geschwindigkeit von 12½ Meilen für die Stunde heranzogen; an der Erdoberfläche herrschte fester Nordwind während dieser ganz ungewöhnlichen Regengüsse.

Wolkenbruchartige Regen finden vorzugsweise zwischen den Wendekreisen statt. An den Ufern des Rio Negro regnet es fast täglich 6 Stunden lang, wobei 5 Centimeter Wasser fallen. In Bombay fielen an einem Tage 10 Centimeter, in Cayenne von 8 Uhr Abends bis 6 Uhr Morgens die ungeheure Menge von 27½ Centimeter. Hooker nennt einen Ort im Himalaya, wo ein sündfluthartiger Regen gleich dem Platzen einer Wasserhose in 4 Stunden 76 Centimeter Regen lieferte. In unseren Gegenden hat man hin und wieder übermäßige Regen beobachtet. Im Jahre 1827 fanden zahlreiche Ueberschwemmungen im südlichen Frankreich statt und selten hat man in ganz Europa eine Reihe so gewaltiger Regengüsse beobachtet, als in dem genannten Jahre. Am 20. Mai fielen in Genf in der kurzen Zeit von 3 Stunden 16 Centimeter Wasser; in Montpellier während 5 Tagen des September 45 Centimeter, in Joyeuse am 9. October 79 Centimeter. Am 21. September 1839 beobachtete Valz in Marseille den stärksten Regen, welcher jemals dort eingetreten ist, indem 4 Centimeter Wasser in 25 Minuten fielen; das Wasser stieg fast ½ Meter über das Trottoir der Canabiere, einer 30 Meter breiten Straße mit einem Gefälle in dem Verhältniß von $^{13}/_{1000}$, welche 5 Minuten lang in einen Fluß verwandelt war. In der Nacht vom 5. zum 6. August 1857 entlud sich ein Platzregen über Toulouse und füllte die Regenmesser bis auf 7 Centimeter. Petit bemerkt, daß sich in dieser Nacht 11.200,000 Hectoliter Wasser über die Stadt ergossen haben, die etwa ¼ Quadratmeile Flächenraum einnimmt. Eine solche Regenmenge reicht hin, den Boden gründlich abzukühlen und deswegen die Entstehung neuer Güsse zu begünstigen. Nach längerer Trockenheit müssen die vom Meere herbeiziehenden Wolken durch die Wärmestrahlung des Bodens eine theilweise Zerstreuung erleiden und sich um so schwerer zu Regen verdichten, je größere Hitze vorangegangen war. Hat aber bereits eine Abkühlung stattgefunden, so tritt leichter Regen ein; Trockenheit begünstigt die Trockenheit, Regen den Regen.

Unter den gewaltigen Regen, welche plötzliche Ueberschwemmungen hervorrufen, muß auch der Regen aufgeführt werden, welcher am 4. Juni 1839 in Belgien fiel. Der Regen begann Vormittags und bot bis zum Abend nichts Bemerkenswerthes. Um 8 Uhr trat heftiger Nordwind ein, der sich hernach auf Westen drehte und den Regen mit furchtbarer Gewalt vor sich her trieb. Während der nächsten 3 Stunden regnete es so reichlich, wie selten in unseren Gegenden. An manchen Orten wurden die Saaten verwüstet und die Aecker unter Wasser gesetzt. Im Garten der Brüsseler Sternwarte wurden mehrere Bäume entwurzelt und drei Pappeln umgebrochen; auf den Straßen fand man am folgenden Tage viele Vögel, die theils todt, theils so erschöpft waren, daß man sie greifen konnte. Der Eisenbahnverkehr wurde an vielen Stellen unterbrochen, in den Ställen ging viel Vieh zu Grunde. Am schwersten wurde das Dorf Borght bei Vilvorde betroffen; es wurde fast ganz zerstört und seine 40 Bewohner wurden von den Trümmern der einstürzenden Häuser erschlagen oder ertranken. Wie groß die Menge des Regens gewesen sein muß, geht daraus hervor, daß in Brüssel, welches mehrere Meilen von dem Schauplatz der Zerstörung entfernt ist, in 24 Stunden 11 Centimeter Regen fielen, d. h. mehr als der sechste Theil des jährlichen Niederschlags.

Der gewaltigste in Europa bekannte Regenguß fiel am 21. October 1822 in Genua, indem in 24 Stunden 81 Centimeter Wasser zu Boden kamen. Dies unerhörte Ereigniß, sagt Arago, erregte bei allen Meteorologen die Vermuthung, es möchte sich in den Bericht ein Druckfehler eingeschlichen haben; allein es wurde vollständig bestätigt. Zwei Eimer von 64 und 70 Centimeter Höhe, die vor dem Regen leer waren, zeigten sich beim Ende desselben vollständig gefüllt.

Auch Schneefälle treten bisweilen in ungewöhnlicher Fülle auf; so bemerkte, um nur ein Beispiel zu erwähnen, der Moniteur vom 12. Januar 1867, daß der in wenigen Tagen zu Paris 15 Centimeter hoch gefallene Schnee einen Raum von 1.341,000 Kubikmeter eingenommen habe und daß mit seiner Wegschaffung 15,000 Arbeiter 6 Tage lang beschäftigt gewesen seien, woraus der Stadt eine Ausgabe von 600,000 Franken erwachsen sei.

Auf den Plateaus der äquatorialen Gegenden inmitten ungeheurer Wälder und tiefer Seen fallen Gewitterregen, von denen die Regen unserer gemäßigten Gegenden nur eine schwache Vorstellung geben. Während der Regenzeit, d. h. während 6 Monaten, ist die Andenkette der Schauplatz gigantischer Gewitter. Als Charton Quito besuchte, die merkwürdige Hauptstadt von Ecuador, welche unter dem Aequator 9000 Fuß hoch über dem Meere liegt, war er Zeuge einer dieser wilden Scenen, die er folgendermaßen beschreibt. „Ich wußte, daß täglich um 3 Uhr Nachmittags der Sturm in den Gebirgen losbricht, und als ich mich einmal auf einem weiteren Ausfluge befand, hatte ich die Absicht, noch vor dieser verhängnißvollen Stunde wieder zu Hause zu sein; allein der Wunsch, eine ange-

fangene Skizze zu vollenden, sowie die Unebenheit des Weges hielten mich zu lange auf und so wurde ich gegen meinen Willen Zeuge eines Schauspiels, dessen entsetzliche Großartigkeit keine Feder und kein Pinsel wiederzugeben vermag. Die Sonne verschwand ganz plötzlich hinter einer Wolkenmasse, welche die Gipfel der Anden mit dunkeln Wirbeln umzog. Die Flanken der Berge und die unzähligen Höhlungen in denselben erdröhnten und sprühten Blitze, während der Himmel ganze Ströme von Flammen herabschleuderte. Drei Stunden lang stand die Atmosphäre rund um mich her in Feuer; die schrecklichen Donnerschläge folgten sich ohne Unterbrechung und wurden durch das Echo in den Bergen zurückgeworfen. Das Bombardement und die Einäscherung einer belagerten Festung geben nur ein schwaches Bild von diesem imposanten Ringen der Elemente. Endlich erschöpfte sich der Sturm und es folgte ein letzter Stoß; die dahinsausende Luftmasse wirbelte Alles in die Höhe, was sie auf ihrem Wege fand, und bog im Walde die Palmen und Cedern tief zu Boden. Nun öffnete der Himmel seine Schleußen, ein Wolkenbruch ergoß sich über die Berge, so daß der Boden in ein Meer verwandelt wurde, während sich kein Hauch in den Lüften regte. Bald aber stiegen feuchtwarme Dünste vom Boden auf, der Horizont klärte sich und eine angenehme Frische verlieh mir neue Spannkraft. Ich wäre ohne Zweifel umgekommen wie so mancher unvorsichtige Reisende, wenn ich nicht in einer Höhle Zuflucht gefunden hätte. Trotz dessen war ich mehr als einmal in Gefahr, von den Blitzen, die rings um mich niederfuhren, erschlagen zu werden. Als ich in die Posada zurückkehrte, erzählte der Wirth, der mich für verloren hielt, bereits mein trauriges Abenteuer mit vielen Einzelheiten, welche seiner Phantasie alle Ehre machten. Dennoch hieß mich der brave Mann mit Freuden willkommen, und während des ganzen Abends drehte sich das Gespräch um die Unglücksfälle, welche durch Stürme in den Cordilleren angerichtet worden waren. Diese traurigen Berichte wären wohl geeignet gewesen, mir eine schlaflose Nacht zu bereiten, wenn nicht ein barmherziger Peruaner uns auf andere Gedanken gebracht hätte, indem er folgende komische Anecdote zum Besten gab.

Zwei Generäle, die von Lima kamen, durchzogen zusammen die Engpässe der Anden. Im Eifer des Gespräches vergaßen sie die Gefahr, welche der langsame Schritt ihrer trägen Maulthiere für sie herbeiführte. Plötzlich brach ein Hagelwetter über ihnen los, Blitze zuckten von allen Seiten und die Erde, die sich im Bereiche der Gewitterwolke befand, sandte ihrerseits Flammen zum Himmel empor. Der Sturm schwoll so gewaltig an, daß unsere beiden Helden fürchteten, mit sammt ihren Thieren fortgerissen zu werden. Sie spähten nach allen Seiten, um ein Obdach zu finden, doch nirgends konnten sie einen Zufluchtsort entdecken; nur ein großer Teich zog sich am Wege entlang. „Was meinst Du, sagte der Eine, wenn wir in das Wasser gingen, so wären wir dem Winde und den Blitzen weniger

ausgesetzt.“ — „Ein vortrefflicher Gedanke, antwortete der Andere, von zwei Uebeln muß man immer das kleinere wählen.“ Sie stiegen ab und gingen bis an den Hals in das Wasser. Allein wenn nun auch ihr Leib hier Schutz fand, so war der Kopf doch ungeschützt, und um diesen zu sichern, tauchten sie bei jedem Blitze unter, wobei sie die Fische des Teiches beneideten, die nicht des Athmens wegen an die Oberfläche zu kommen brauchten. Ihr Schrecken wuchs noch, als der Blitz ihre Maulthiere wenige Schritte von ihrem nassen Zufluchtsorte erschlug; sie glaubten ihr letztes Stündlein gekommen und empfahlen Gott ihre armen Seelen. „Ach, rief der Eine, ich habe längst jedes Gebet vergessen.“ „So will ich, rief der Andere, der im Kloster erzogen war, das Confiteor laut hersagen, und Du kannst mir die Worte nachsprechen.“ Beide sprachen nun das Gebet mit zitternder Stimme, indem sie oft ein mea culpa einschalteten. Dabei tauchten sie fleißig unter und schlugen unaufhörlich das Kreuz. Doch kamen sie mit dem Leben davon; der Sturm ließ nach und das Gewitter zog ab. Da sie aber weder Maulthiere, noch Lebensmittel, noch Kleider zum Wechseln hatten, so mußten sie hungernd und frierend noch mehrere Stunden gehen, bevor sie eine Wohnung erreichten. Ihr Haar soll weiß geworden sein in dieser Schreckensstunde, welche sie mehr gealtert hatte, als zwanzig Feldzüge.“

---

## Viertes Capitel.

# Der Hagel.

Jeder unserer Leser ist wohl schon in Verwunderung gerathen über die merkwürdigen Schauer, welche die schweren Gewitter unserer Gegenden begleiten. Eine erstickende Hitze brütet über dem Boden, mehrere schwarz-graue Wolkenschichten ziehen durch die Atmosphäre in verschiedenen Richtungen, gewaltige Blitze durchzucken den Himmel, der Donner brüllt und die Wolken schleudern Millionen Pfunde von Hagelkörnern herab, als öffneten sich die Schleußen eines ungeheuren Reservoirs. Während mehrerer Minuten zieht der Hagel seine Streifen durch die Luft, rauscht klirrend hernieder und zerschlägt die Kräuter und Blätter der Bäume. Doch bald wird das Wetter vom Winde fortgetrieben, erfrischende Kühle folgt der erstickenden Hitze, der Himmel klärt sich auf und der Regenbogen erglänzt in der luftigen Höhe. Verwundert fragen wir uns, welche Kraft diese oft gewaltigen Eisstücke in der Luft erhält, um sie später auf unsere Erndten herabzuschleudern? Als wir von dem Regen sprachen, sahen wir, daß er meistens dann entsteht, wenn zwei oder mehrere dichte Wolkenschichten übereinander lagern; dasselbe ist bei der Bildung des Hagels der Fall, nur sind die physikalischen Verhältnisse der Wolken hier anderer Art.

Der Hagel entsteht während eines Gewitters, wenn die Temperatur am Boden sehr hoch ist und schnell mit der Höhe abnimmt. Dies schnelle Sinken der Temperatur ist ein Haupterforderniß für die Bildung des Hagels. Man hat gefunden, daß vor einem Hagelwetter eine Erhebung von nur 270 Fuß die Temperatur schon um einen Grad erniedrigen kann. Was geht nun in der Wolkenregion vor? Die höchsten Wolken der oberen Schicht, welche 9000, bisweilen 20,000 und selbst 24,000 Fuß hoch schweben, enthalten Eisnadeln, deren Temperatur 24 und selbst 32 Grad unter dem Gefrierpunkte liegt, die tieferen Wolken dieser Schicht da-

gegen bestehen aus Dunstbläschen, die aber ebenfalls um mehrere Grade unter dem Gefrierpunkt abgekühlt sind. Die untere Wolkenschicht endlich ist ebenfalls aus Dunstbläschen zusammengesetzt, deren Temperatur aber über dem Gefrierpunkt liegt. Gewöhnlich ziehen diese Wolken in verschiedenen Richtungen und der Hagel entsteht, wenn die miteinander ringenden entgegengesetzten Winde diese Wolken, deren Temperaturen so sehr verschieden sind, miteinander vermischen. Die Wassertröpfchen der Wolken, welche sich sonst als Regen ergießen, gefrieren jetzt sofort bei dieser gewaltigen Kälte. Von den Luftwirbeln umhergetrieben, fallen diese erstarrten Tropfen trotz ihres Gewichtes doch nicht sofort zu Boden und haben Zeit, sich zu vergrößern, indem sie auf ihrem Wege Wasserdampf anziehen und verdichten, oft sich auch in großer Zahl aneinander heften.

Die Bildung des Hagels vollzieht sich stets sehr schnell. Volta nahm an, daß die obere Wolkenschicht durch die Verdichtung des aus der unteren stammenden Wasserdampfes gebildet und mit positiver Elektricität geladen wäre, die untere Wolkenschicht aber negativ elektrisch sei. Wie nun Hollundermarkkügelchen zwischen zwei mit entgegengesetzten Elektricitäten geladenen Scheiben unter Einwirkung der elektrischen Anziehung und Abstoßung hin- und herspringen, so sollte nach Voltas Ansicht auch der Hagel durch ein Hin- und Herfahren kleiner Schnee- und Eiskörperchen zwischen den Wolkenschichten entstehen, wobei sich die anfangs kleinen Krystalle durch Verdichtung von Wasserdampf immer mehr vergrößern und zuletzt ein solches Gewicht erlangen müßten, daß sie herabstürzen. Man hat jetzt diese Theorie der Hagelbildung aufgegeben und in der That ist es weit einfacher, anzunehmen, daß der Hagel gerade so entsteht, wie der Regen, nur unter Einwirkung größerer Kälte, welche die Wassertropfen im Augenblicke ihres Entstehens zum Gefrieren bringt.

Die Eiskörner werden innerhalb der Wolken oft so heftig durch den Wind gegen einander gestoßen, daß man am Boden deutlich das klirrende Geräusch wahrnimmt, welche Thatsache schon von Aristoteles erwähnt wird. Peltier vernahm auf dem Schlosse von Ham beim Herannahen einer Gewitterwolke ein so starkes Geklapper, daß er glaubte, eine Schwadron Cavallerie ritte im Galop heran; 20 Secunden später ergoß sich ein schreckliches Schloßenwetter über die Stadt. Am 14. August 1871 hörte Pissot in Doulevant während eines Gewitters ein anhaltendes Klirren in den Wolken, dem ein reichlicher Hagelschauer folgte.

Aus der Oberfläche der Hagelwolken ragen an verschiedenen Stellen ungeheure unregelmäßige Anschwellungen hervor; von unten gesehen erscheinen die Wolken meistens tief dunkel gefärbt, da sie so undurchsichtig sind, daß sie nur wenig Licht durchlassen. Sie scheinen immer sehr dick zu sein und unterscheiden sich von den übrigen Gewitterwolken durch eine deutlich hervortretende aschgraue Färbung und die vielfach zerrissenen Ränder. Ihre Höhe ist sehr verschieden. Saussure erlebte

ein Hagelwetter auf dem Col du Geant in 10,200 Fuß Höhe, Balmat selbst auf dem Gipfel des Mont Blanc; auf den hochgelegenen Weideplätzen der Alpen hagelt es sehr oft. Wenn sich aber der Hagel in sehr bedeutender Höhe bildet, so schmelzen die Körner beim Durcheilen der warmen Luftschicht, welche die Hagelwolke vom Erdboden trennt. Bei unseren Hagelwettern ziehen die Wolken weit tiefer und scheinen nur 4500 bis 6000 Fuß über dem Boden zu schweben, während sich die Gewitter- und Regenwolken bis auf 3000 Fuß und oft noch tiefer herabsenken.

Die Hagelwolken nehmen niemals einen großen Raum ein; vom Winde getrieben ergießen sie ihren eisigen Inhalt über einen schmalen Landstrich, dessen Breite bisweilen nur $\frac{1}{8}$ Meile, niemals aber über 8 Meilen beträgt, und dessen Länge bisweilen Hunderte von Meilen mißt. Das großartigste Hagelwetter, das jemals von den Meteorologen verzeichnet wurde, fand am 13. Juli 1788 statt. Dasselbe durchzog in kurzer Zeit ganz Frankreich von Südwest nach Nordost in zwei parallelen Streifen bis nach Holland. Der eine dieser Streifen war zwei, der andere nur eine Meile breit; zwischen ihnen lag ein $2\frac{1}{2}$ Meilen breiter Strich, in welchem starker Regen, aber kein Hagel fiel. Das Unwetter zog mit einer Geschwindigkeit von 10 Meilen in der Stunde dahin und zwar war die Geschwindigkeit auf beiden Streifen dieselbe; an jedem Orte hagelte es nur 7 bis 8 Minuten lang, aber mit solcher Gewalt, daß die Halme des Getreides wie abgehackt wurden. In nicht weniger als 1039 Communen wurden die Felder verwüstet, der Gesammtschaden wurde auf fast 25 Millionen Thaler taxirt. Die Schloßenkörner hatten nicht alle dieselbe Gestalt, einige waren rund, andere länglich mit hervorragenden Spitzen; einzelne wogen 250 Gramm. Selten erstreckt sich ein Hagelwetter über einen so weit ausgedehnten Landstrich und beschreibt eine so regelmäßige Bahn; wahrscheinlich zogen hier die Wolken höher als $\frac{1}{6}$ Meile, in welcher Höhe sie sich gewöhnlich befinden und dann durch die Bodengestaltung beeinflußt werden. Andere Schauer, die sich nicht so weit ausdehnten, sind bemerkenswerth wegen der Menge der gefallenen Eiskörner. Am 9. Mai 1865 begann ein Gewitter um $8\frac{1}{2}$ Uhr Morgens bei Bordeaux und zog nach Nordosten, erreichte Perigueux um 10 Uhr, Limoges um 11 Uhr, Bourges um 2 Uhr, Orleans um 5 Uhr, Paris um 8 Uhr, Laon um 11 Uhr und Belgien um Mitternacht; die Breite betrug 8 bis 10 Meilen. Nur an wenigen Orten hagelte es, so bei Perigueux, bei Paris und in den Arrondissements von Soissons und St. Quentin, an diesem letzteren Orte in entsetzlicher Weise. Die auf die Wiesen gefallenen Eiskörner bildeten ein Bett von $\frac{1}{4}$ Meile Länge und 1800 Fuß Breite und 600,000 Kubikmeter Inhalt; noch nach 4 Tagen waren nicht alle Körner geschmolzen. Bisweilen fällt der Hagel in solchen Massen, daß die Erndte von Grund aus zerstört wird, wie z. B. am 3. August 1813 in der Umgegend von

Angouleme der Fall war. Man stand kurz vor der Erndte und Alles deutete darauf hin, daß dieselbe sehr reichlich ausfallen würde. Das Wetter war schön, der Wind blies aus Norden bis 3 Uhr Nachmittags, wo er plötzlich nach Süden umging; der Himmel bezog sich und bald häuften sich die Wolken bedrohlich an. Der bis dahin heftige Wind setzte um 5 Uhr ganz plötzlich aus. Ferner Donner ließ sich hören; die Schläge nahmen bald an Stärke und Zahl zu, der Himmel verdunkelte sich immer mehr und dichte Finsterniß verschlang das Tageslicht. Um 6 Uhr stürzte ein furchtbarer Schloßenregen prasselnd herab, dessen Körner die Größe eines Hühnereies besaßen. Mehrere Personen wurden schwer verwundet, ein Kind sogar getödtet. Am folgenden Morgen war die Gegend in eine Winterlandschaft verwandelt; in den Vertiefungen und den Wegen lagen die Hagelkörner einen Fuß hoch, die Bäume waren gänzlich entlaubt, die Reben wie abgehackt, das Getreide zerstampft; die Thiere, namentlich Schafe und Schweine, die man nicht zur rechten Zeit unter Dach gebracht hatte, wurden arg verwundet, junge Thiere getödtet. Noch im Jahre 1818 waren die Folgen dieses Unwetters fühlbar; die Weinstöcke hatten sich noch immer nicht erholt und man mußte viele ausreißen und durch neue ersetzen.

Am 18. Juni 1839 brach in Brüssel um 7 Uhr Abends ein Gewitter los; dichte Wolken zogen aus Südwest nach Nordost, während die Windfahne einen unteren Wind aus Nordwest anzeigte. Eine halbe Stunde lang hörte man ein ununterbrochenes Rollen, während die Blitze sich mit erstaunlicher Geschwindigkeit folgten. Da hüllte eine Wolke, welche durch ihr aschfarbiges Aussehen auffiel, ganz Brüssel in tiefe Finsterniß und sandte einen furchtbaren Schloßenregen herab, welcher die ärgsten Verwüstungen anrichtete. Die meisten Eiskörner waren 12 bis 20 Millimeter dick, einige sogar 30 Millimeter. Manche waren fast kugelrund, die meisten aber mehr oder weniger abgeplattet. Das Thermometer zeigte 26,7 Grad und hatte den höchsten in Brüssel beobachteten Stand erreicht; das Barometer dagegen stand um 4 Uhr Nachmittags nur auf 754 Millimeter.

Im Juli 1867 entlud sich ein furchtbares Hagelwetter über der Insel Rügen und Theile von Pommern und Mecklenburg. In Stralsund war um die Mittagsstunde die Dunkelheit so groß, daß man selbst in Zimmern, die nach Süden lagen, nicht lesen konnte, doch fielen hier nur vereinzelte Hagelkörner und wenige sehr große Regentropfen. Dagegen wurden auf Rügen viele Felder so verwüstet, daß kein Halm aufrecht blieb, kleine Vögel wurden in großer Zahl getödtet und selbst Enten und Gänse erschlagen.

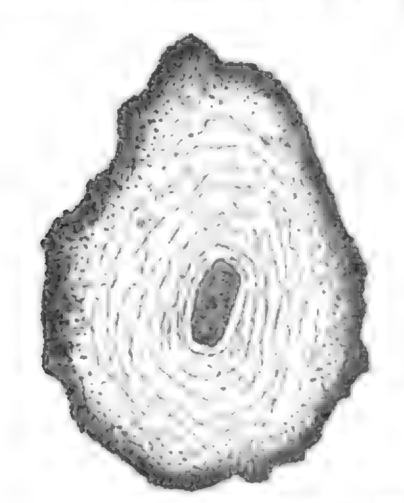
Das Hagelwetter hat die Neigung, den Thälern und dem Laufe der Flüsse zu folgen, vorausgesetzt, daß die Wolken nicht sehr hoch stehen; große, weit verbreitete Hagelwetter ziehen meistens in der Richtung des Aequatorialstroms von Südwest nach Nordost, während die weit zahlreicheren kleineren Schauer, die sich

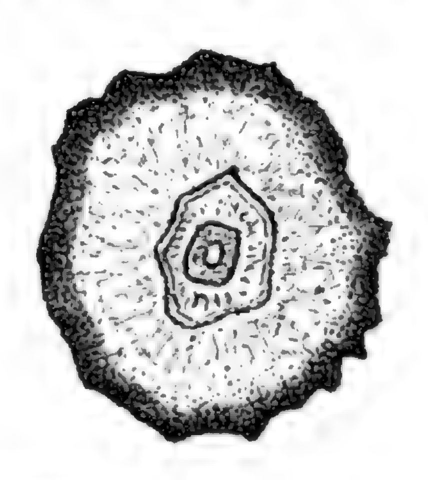
auf eine geringe Fläche beschränken, von der allgemeinen Richtung abweichen und den Thälern folgen; die Wälder scheinen sie zu vermeiden. Seitdem man die Vertheilung der Gewitter und Hagelwetter näher beachtet, hat sich die Einwirkung der Bodengestaltung immer deutlicher herausgestellt. Manche Landschaften verhageln in jedem Jahre, während in anderen nur in zehn Jahren einmal Hagel fällt.

Bei den Gewittern, welche von Hagelschlag begleitet sind, erreichen die elektrischen Entladungen den höchsten Grad. Die dichten Wolken, in denen sich die Eisbildung vollzieht, sind stark mit Elektricität geladen, die sich theilweise in Entladungen gegen andere ähnliche Wolken erschöpft. Der Donner erschallt nicht blos in Folge eines Blitzes, sondern grollt unaufhörlich, auch ohne daß man Blitze wahrnimmt, entweder weil dieselben zu unbedeutend sind, oder ausschließlich im Innern der Wolke hin- und herzucken. So rollte bei einem am 4. September 1871 über Paris hinziehenden Hagelwetter der Donner 7 Minuten lang, ohne daß ein Blitz sichtbar wurde. Bei dem Gewitter, welches am 7. Mai 1865 über dem Aisne-Departement wüthete und einen Schaden von mehreren Millionen Franken anrichtete, sah man über den unteren Wolken eine dichte, bläulich-weiße Haufenwolke, in welcher unaufhörlich Blitze hin- und herfuhren; fortwährend rollte dumpfer Donner, ohne anzuschwellen. Als die Wolke langsam über die Höhe von Rosoy, der Wasserscheide zwischen Somme- und Scheldegebiet, weggezogen war, ergoß sie ein schreckliches Hagelwetter über das Thal dieses letzteren Flusses und verwüstete die Felder.

Die Hagelkörner erlangen bisweilen eine erstaunliche Größe. In Folge des großen Hagelwetters vom 13. Juli 1788 schliff Tessier mehrere Eisstücke, welche ihm die Consistenz der Schloßenkörner zu besitzen schienen, so daß sie die Größe der Eier von Tauben, Hühnern und Truthühnern hatten, um bei späteren Schloßenwettern den Meteorologen eine annähernde Schätzung des Gewichtes der Hagelkörner zu erleichtern, deren Größe gewöhnlich mit derjenigen der Eier verglichen wird. Die Eisstücke wogen 11, 23 und 69 Gramm. Gewöhnlich besitzen die Hagelkörner die Größe von Haselnüssen und ein Gewicht von 3 bis 8 Gramm, doch sind Körner von der Größe der genannten Eier gar nicht selten und oft genug fallen Schloßen von 10 bis 70 Gramm Gewicht. Dagegen erreichten die Hagelkörner in folgenden von Physikern vollständig beglaubigten Fällen eine ganz ungewöhnliche Größe. Bei einem Hagelwetter, welches am 13. April 1832 auf beiden Seiten des Rheins arge Verwüstungen anrichtete, fand Vogt bei Heinsberg Schloßen von 90 Gramm Gewicht. Am 21. Juni 1846 fielen in Morbihan Eisstücke größer als Hühnereier und von 22 Centimeter Umfang. Am 29. April 1697 fielen in Flintshire nach Halley's Versicherung 130 Gramm schwere Schloßen. Volney erzählt, daß er während des Gewitters vom 13. Juli 1788 sich in dem Schlosse von Pontchartrain 4 Meilen von Paris befand. Die Sonnengluth war

unerträglich, die Luft ruhig und schwül; der Himmel war frei von Wolken und doch hörte man Donnerschläge. Gleich nach 7 Uhr erschien im Südwesten eine Wolke, worauf sich ein lebhafter Wind erhob. In wenigen Minuten umspannte die Wolke einen großen Theil des Horizontes und wurde von dem immer mehr anschwellenden Winde nach dem Zenith getrieben. Plötzlich fiel der Hagel, nicht senkrecht, sondern schräg etwa unter einem Winkel von 45 Grad. Er war von einer Größe, sagt Volney, daß ich meinen Augen nicht trauen wollte. Viele Stücke waren größer als eine Faust und manche derselben offenbar nur Bruchstücke größerer Massen. Sobald ich die Hand aus der Thür des Hauses, in welches ich mich sehr zu rechter Zeit geflüchtet hatte, ohne Gefahr hinausstrecken konnte, ergriff ich eins dieser großen Stücke und fand sein Gewicht zu 6 Unzen (153 Gramm). Seine Gestalt war sehr unregelmäßig, drei Hörner von der Dicke



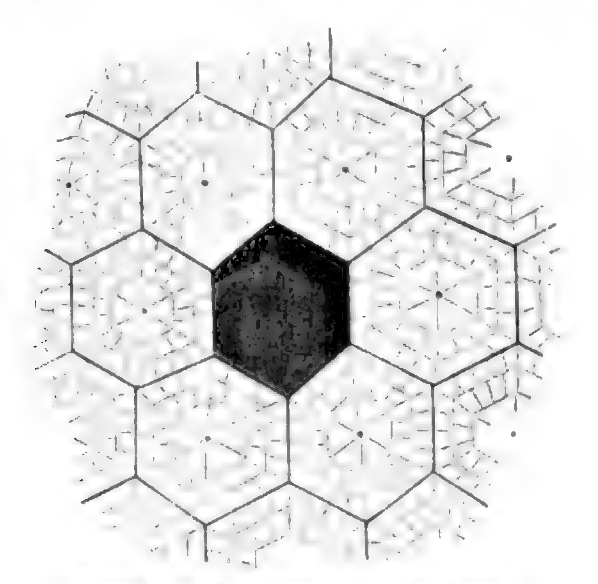


Durchschnitt von Hagelkörnern.

eines Zolls und fast eben so lang ragten aus dem Kern hervor, der sie mit einander verband.

Volta fand unter den Schloßen eines Hagelwetters, welches in der Nacht vom 19. zum 20. April 1787 die Umgegend von Como verwüstete, einzelne Eisstücke, welche 9 Unzen (280 Gramm) wogen, und Parent am 15. Mai 1703 Schloßen von 3 bis 400 Gramm Gewicht. Am 5. October 1831 fielen zu Constantinopel Schloßen größer als eine Faust und 500 Gramm schwer. Ganz ungeheure Eisstücke fielen am 15. Juni 1829 bei Cazorta in Spanien; sie schlugen Dächer ein und wogen 4 Pfund. Solche Massen können sich wohl nur dadurch bilden, daß sich die einzelnen Hagelkörner aneinander hängen und zusammenfrieren, entweder schon während des Fallens, oder am Boden. Die Beobachtungen haben bestätigt, daß ein solches Zusammenfrieren stattfindet, und nur hierdurch lassen sich die folgenden Facta erklären, wenn sie überhaupt wahr sind. In den letzten Tagen des October 1844 fielen während eines schweren Gewitters, welches

sich über dem mittleren Frankreich entlud, Schloßen bis zu 10 Pfund Gewicht; in Cette wurden mehrere Menschen getödtet, Wände eingeschlagen und Schiffe zum Sinken gebracht. Am 8. Mai 1822 soll eine Eismasse von einem Meter Länge und Breite und 7 Decimeter Dicke gefunden worden sein. Der Doctor Foissac, welcher diese Thatsache berichtet, hält dieselbe nicht für übertrieben und fügt hinzu: „Herr Huc, von der Congregation des heiligen Lazarus, der sich als Missionär längere Zeit im mittleren Asien aufhielt, versichert, daß es in der Mongolei reichlich hagelt und daß die Schloßen dort eine überraschende Größe und ein Gewicht von 12 Pfund erlangen; wenige Augenblicke reichen hin, um ganze Heerden zu tödten. Im Jahre 1843 fiel nicht weit von dem Hause des Missionärs ein Eisblock von der Größe eines Mühlsteins, den man mit Aexten

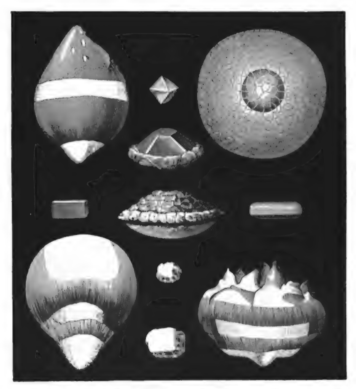


Vergrößerter Durchschnitt eines Hagelkorns.

entzwei hieb und dessen Bruchstücke trotz der großen Hitze erst in drei Tagen gänzlich schmolzen.“ Wenn diese Erzählung auf Wahrheit beruht, so hindert uns nichts, auch den Bericht einer Chronik aus der Zeit Karls des Großen als glaubwürdig gelten zu lassen, welcher von Schloßen spricht, die 15 Fuß in der Länge, 6 in der Breite und 11 in der Dicke maßen, oder die Erzählung von einer Eismasse, welche zur Zeit Tippo-Sahibs fiel und so groß wie ein Elephant war!

Die Gestalt der Hagelkörner ist sehr verschieden; sie sind bald kugelförmig, bald rundlich wie Erbsen, bald gleichen sie Traubenkernen oder Haselnüssen; manche sind zugespitzt wie Getreidekörner. Sind sie sehr groß, so bestehen sie aus krystallinischen aneinander gelagerten Massen. In den kugelförmigen Schloßen findet man meistens einen weißen undurchsichtigen Kern, der Spuren von concentrischer Schichtung zeigt; um diesen Kern liegt eine Rinde von Eis, welche vom Centrum nach der Außenseite hin gestreift ist. Delcros fand diese Construction noch bei

einem unregelmäßig gebildeten Korn von neun Centimeter Durchmesser; aus der Eisrinde ragten 12 größere und mehrere kleinere Eispyramiden hervor. Hagelkörner, welche am 12. September 1863 bei Tiflis gesammelt wurden, hatten die Gestalt eines Ellipsoids mit höckeriger Oberfläche. Sie waren mit ganz kleinen



Verschiedene Formen von Hagelkörnern.

sechsseitigen Pyramiden besetzt, auch ein Querschnitt zeigte unter der Loupe ein Netzwerk von regulären Sechsecken.

Am 29. Juni 1871 hörte man in Auxerre bei klarem Himmel, an dem nur wenige anscheinend unschuldige Wolken standen, ein eigenthümliches dumpfes Getöse fast wie das Rollen eines schwerbeladenen Eisenbahnzuges. Nach einigen Donnerschlägen begann es zu hageln. Die Hagelkörner fielen ohne Wind und



Digitized by Google

glänzten beim Herabfallen hell im Sonnenschein. Am Boden behielten sie ihre Gestalt, so daß Daudin einige der größten und merkwürdigsten abzeichnen konnte. In der Abbildung sind sie in natürlicher Größe in den vier Ecken der Figur wiedergegeben. Die beiden geschnittenen Stücke stellen die erwähnten bei Tiflis gefallenen Schloßen dar. Daneben sind einzelne Körner in der Form und Größe, wie sie oft vorkommen, gezeichnet. Bei demselben Hagelwetter fielen in Montargis 5 Centimeter dicke Eisstücke von eiförmiger Gestalt, welche so klar wie Krystall waren. Während eines Gewitters am 22. Mai 1870 fand Trecel in Paris mehrere Schloßen, welche die Gestalt einer abgestumpften Pyramide besaßen. Eins dieser Stücke war besonders merkwürdig; der obere, dünnere Theil war undurchsichtig und weiß, während der breitere, untere Theil vollkommen durchsichtig war wie das klarste Eis.

Am häufigsten fällt der Hagel im Sommer und zwar in den Nachmittagsstunden, d. h. zu einer Zeit, wo die oben angeführten Bedingungen am leichtesten zusammentreffen; große Wärme am Boden, schnelle Abnahme der Temperatur mit der Höhe und starke Verdunstung der Wolken unter Wirkung der Sonnenstrahlen. Da indessen das Zusammentreffen eines oberen sehr kalten Luftstroms mit einem warmen Winde ebenfalls die Entstehung des Hagels bewirken kann, so ereignen sich Hagelfälle auch bisweilen, aber selten im Winter und in der Nacht. Oft wird das Graupeln mit dem Hagel verwechselt, wobei sich allerdings ein häufigeres Eintreten des Phänomens im Winter und Frühling, als im Sommer und Herbst ergeben würde. Allein die Graupelkörner unterscheiden sich vom Hagel nicht blos hinsichtlich der Größe, sondern mehr noch durch die Art ihrer Entstehung, welche sich nicht inmitten der Wolken vollzieht und nicht große, atmosphärische Störungen erfordert. Sie sind nichts weiter als gefrorene Regentropfen oder körniger Schnee.

## Fünftes Capitel.

# Wunderregen.

Neben den gewöhnlichen Fällen von Regen, Schnee und Hagel, die wir bis jetzt besprochen haben, wird uns bisweilen von wunderbaren Regen berichtet, die sehr oft schwache und unwissende Gemüther in Schrecken versetzt haben, da man hier unmittelbare Zeichen des göttlichen Zorns zu sehen wähnte. Wir meinen nicht die aus der Luft fallenden Steine, welche, wie wir sahen, gar nicht irdischen Ursprungs sind, auch nicht die Regen von Steinen, Schutt und Splittern, welche durch Wirbelwinde und Tromben verursacht werden. Allein wir müssen einen kritischen Blick auf gewisse Erscheinungen werfen, die wir bis jetzt mit Stillschweigen übergangen haben. Beginnen wir mit dem sogenannten Blutregen.

Schon bei den alten Schriftstellern, namentlich bei Livius, wird öfters die sonderbare Erscheinung des Blutregens erwähnt. Nach der Einnahme von Fidenä im Jahre 14 nach der Erbauung der Stadt fielen Blutstropfen vom Himmel zum großen Schrecken des Volkes. Im Jahre 538 reichlicher Blutregen auf dem Aventin und zu Aricia. In den Jahren 570 und 572 regnete es zwei Tage lang Blut bei den Tempeln des Vulcan und der Concordia, 585 einen Tag lang. Im Jahre 587 zeigte sich dieselbe Erscheinung an vielen Orten Italiens, unter anderen in Präneste, 626 zu Cärä, 648 in Rom, 652 an den Ufern des Anio. Plutarch erwähnt Blutregen nach großen Schlachten, so nach dem Untergang des Teutonenheeres; er meint, daß die Blutdämpfe, welche von den Leichen aufstiegen, sich der Feuchtigkeit der Wolken beigemischt und dieser eine blutige Färbung verliehen hätten.

Seit dem Beginn unserer Zeitrechnung bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts finden sich folgende Fälle dieser Erscheinung verzeichnet. Gregor von Tours berichtet aus dem Jahre 582: „Ein Regen von Blut fiel bei Paris; die

Kleider vieler Leute wurden durch denselben beschmutzt und erhielten solche Flecken, daß man sie mit Abscheu vom Leibe riß.“ Im Jahre 652 regnete es Blut in Constantinopel, 787 in Ungarn, 869 in Brixen, 929 in Bagdad. Im Jahre 1117 erregte die außergewöhnliche Erscheinung eines Blutregens, begleitet von unterirdischem Getöse, allgemeinen Schrecken in der Lombardei; dasselbe Phänomen wurde drei Tage und drei Nächte lang kurz vor dem Tode Papst Hadrians II. in Brescia beobachtet. Im Jahre 1144 regnete es Blut an mehreren Orten Deutschlands, 1163 in La Rochelle, 1181 drei Tage lang in Frankreich und Deutschland.

Im Jahre 1543 Blutregen in Westphalen, 1560 in Löwen; 1571 fiel bei Emden in einer Nacht so viel Blut, daß das Gras stundenweit purpurn gefärbt war. Mehrere Personen bewahrten es in Gefäßen auf.

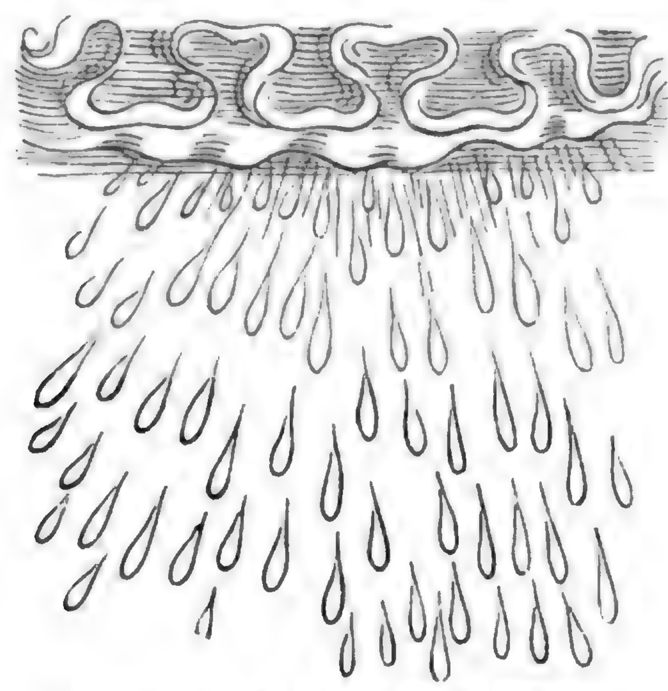
Im Jahre 1623 Blutregen in Straßburg, 1638 zu Tournay, 1640 in Brüssel. Am 17. März 1669 fiel in Chatillon sur Seine eine rothgefärbte, schleimige und übelriechende Flüssigkeit, welche dem Blute glich. Man fand an den Mauern den Abdruck großer Tropfen, ja eine Mauer war auf beiden Seiten beschmutzt, was annehmen läßt, daß dieser Regen aus stagnirendem, schlammigem Wasser bestand, welches durch einen Wirbelwind aus einer Pfütze gehoben war. 1689 Blutregen in Venedig.

Im Jahre 1744 fiel ein rother Regen in Genua und erregte anfangs große Bestürzung; doch ermittelte man bald, daß diese Farbe von einer rothgefärbten Erdart herrührte, welche ein heftiger Wind von einem benachbarten Berge herbeigeweht hatte. 1763 und 1765 Blutregen in Cleve und in der Picardie.

Rothgefärbte Regen sind zu oft in unserer Zeit wahrgenommen worden, als daß ein Zweifel an der Wirklichkeit der Erscheinung zulässig wäre. Der Irrthum früherer Zeiten bestand einfach darin, daß man in diesem Regen Blut erkennen wollte, wodurch er zu einer Wundererscheinung wurde; doch finden wir schon im Mittelalter Versuche, das Phänomen auf natürlichem Wege zu erklären. So berichten Kaswini, El Hazen und andere Gelehrte des Mittelalters, daß in der Mitte des neunten Jahrhunderts ein röthliches Pulver, gleich geronnenem Blute, diese Erscheinung verursacht habe. „Was das Volk Blutregen nennt, sagt Schott, ist meistens ein Niederschlag von Dünsten, welche durch Ocker roth gefärbt sind. Wenn aber wirklich Blut fällt, so ist dies ein Wunder nach göttlichem Willen.“ Im Eustatius, einem Commentator des Homer, liest man, daß in Armenien die Wolken Blutregen fallen lassen, weil sich in diesem Lande Zinnoberminen befinden, deren Staub die Regentropfen färbt. Lykosthenes liefert in seinem „Buche der Wunder“, das wir schon früher citirt haben, höchst kindische Zeichnungen von Blut- und Kreuzregen.

Im Jahre 1608 fiel bei Aix in der Provence ein angeblicher Blutregen und

dehnte sich eine halbe Stunde weit aus. Mehrere Priester der Stadt, welche entweder selbst getäuscht waren, oder welche die Leichtgläubigkeit der Menge ausbeuten wollten, erklärten dies Ereigniß für ein Werk des Satans. Glücklicherweise untersuchte Peiresc diesen angeblichen Wunderregen auf das sorgfältigste und prüfte namentlich einige Tropfen, welche an die Mauer des Kirchhofs angespritzt waren. Er fand, daß es die Excremente von Schmetterlingen waren, welche sich im Anfang des Juli in sehr großer Zahl gezeigt hatten. Im Innern der Stadt, wo die Schmetterlinge nicht gesehen waren, fanden sich keine derartigen Flecken, eben so wenig an den oberen Theilen der Häuser, bis zu welcher Höhe diese Thierchen sich nicht zu erheben pflegen. Ueberdies fanden sich solche Flecken



Blutregen nach einer Zeichnung aus dem Mittelalter.

an bedeckten Orten, wohin aus der Luft fallende Tropfen nicht hätten gelangen können. Peiresc beeilte sich, seine Entdeckung den Wundergläubigen mitzutheilen. Er wies darauf hin, daß sich die angeblichen Blutstropfen nur in Höhlungen und vertieften Stellen, niemals aber auf der nach oben gewendeten Seite der Steine fanden, und bewies, daß diese angeblichen Blutstropfen nichts anderes als Tropfen einer rothen, von den Schmetterlingen abgesonderten Flüssigkeit seien. Trotz dessen entsetzte sich das Volk der Vorstädte nach wie vor bei dem Anblick dieser blutigen Thränen, welche die Felder befleckten. Reaumur bestätigte, daß es Schmetterlinge gäbe, welche solche Erscheinungen veranlassen könnten. „Tausende von Raupen gewisser Schmetterlingsarten, sagt er, verpuppen sich im Ende des Mai und Anfang des Juni. Um sich zu verwandeln, verlassen sie die Bäume, heften sich an Vorsprünge der Mauern und dringen bisweilen in die Häuser ein, wo die Puppen

alsdann an den Thürrahmen oder an den Decken hängen. Wenn die Schmetterlinge, welche diese Puppenhülsen am Ende des Juni oder im Anfange des Juli verlassen, in Schwärmen zusammenfliegen, so sind sie zahlreich genug, kleine Wolken zu bilden und also auch zahlreich genug, die Steine einer Gegend mit rothen Flecken zu bedecken und unwissende, wundergläubige Personen an einen Blutregen glauben zu lassen."

Indessen sind die sogenannten Blutregen nicht blos rothe Flecken, welche durch gewisse Insekten hervorgebracht werden, sondern auch wirkliche Regen, welche durch aufgewirbelten Staub gefärbt sind. Diese Thatsache hat man erst in unserem Jahrhundert erkannt. Im Jahre 1814 fiel ein solcher rother Regen in Unteritalien. Sementini untersuchte denselben und berichtete darüber folgendermaßen an die Academie in Neapel: „Seit zwei Tagen hatte Ostwind geweht, als die Bewohner von Gerace in Calabrien am 14. März eine dichte Wolke vom Meere heranziehen sahen. Um 2 Uhr Nachmittags legte sich der Wind; aber die Wolke bedeckte bereits die benachbarten Berge und fing an, die Sonne zu verdunkeln; ihre zuerst blaßrothe Farbe wurde später feuerroth. Die Stadt wurde in eine solche Finsterniß versetzt, daß man gegen 4 Uhr in den Häusern Licht anzünden mußte. Das durch die Dunkelheit und die Farbe der Wolke erschreckte Volk lief haufenweise in die Cathedrale, um dort öffentliche Gebete anzustellen. Die Dunkelheit nahm immer mehr zu und der ganze Himmel erschien in der Farbe des rothglühenden Eisens; der Donner begann zu rollen und das Brausen des Meeres, welches trotz der Entfernung von $1^1/_2$ Meilen mächtig herüberschallte, vermehrte noch die Bestürzung. Dann begannen große Tropfen eines röthlichen Regens zu fallen, welche die Einen für Blutstropfen, die Anderen für Feuertropfen ansahen. Endlich klärte sich der Himmel bei Anbruch der Nacht auf, der Donner verstummte und das Volk beruhigte sich wieder. Diese Erscheinung eines rothen Staubregens beschränkte sich nicht blos auf Calabrien, sondern zeigte sich auch auf der entgegengesetzten Seite der Abruzzen, ohne indessen dieselbe Aufregung unter der Menge hervorzubringen. Der gesammelte Staub besaß eine zimmtgelbe Farbe, zeigte einen schwachen erdigen Geschmack, fühlte sich fettig an und war sehr fein, obgleich man mit der Loupe kleine harte Körner wahrnahm, die dem Pyroxen glichen und vielleicht von dem Boden herstammten, auf welchem man den Staub gesammelt hatte. Beim Erhitzen wurde derselbe braun, dann schwarz und endlich roth; nach dem Glühen bemerkte man selbst mit unbewaffnetem Auge eine Menge kleiner gelbglänzender Glimmerblättchen; er hatte dabei ein Zehntel seines Gewichtes verloren und brauste mit Säuren nicht mehr auf. Von den harten Körnern befreit betrug sein specifisches Gewicht 2,07. In demselben fanden sich Kieselerde, Thonerde, Kalk, Chromoxyd, Eisenoxyd und Kohlensäure, daneben eine geringe Menge einer gelben harzigen Substanz, die man abscheiden konnte, indem man

das Pulver mit Alkohol behandelte und die Lösung zur Trockne verdampfte. Man konnte nicht ermitteln, woher dieser Staub stammte."

Erst im Jahre 1846 wurden Untersuchungen über derartige Regen angestellt, welche sie bis zu ihren Ausgangspunkten verfolgten. Am 17. October des genannten Jahres fiel an mehreren Orten ein mit erdigen Substanzen vermischter Regen, gefolgt von Gewittern, Wolkenbrüchen und wüthenden Stürmen, welche fast zu derselben Zeit auf einer breiten Zone des Erdsphäroids losbrachen und sich nur durch eine große Störung in dem System der Passatwinde erklären ließen. Auf dem atlantischen Ocean wütheten Wirbelstürme und brachten vielen Schiffen den Untergang, in Frankreich, Italien und der Türkei tobten heftige Orkane und in den chinesischen Gewässern entfesselten die Teifune ihre ganze Wuth. Die Winde waren stark genug, um in Gegenden mit sandigem oder leicht zerreiblichem Boden große Massen von Erde in die Höhe zu heben und mit zu führen. Diese Staubmassen mußten sich irgendwo wieder zu Boden senken. Dies fand im mittleren Frankreich zwischen dem Puy de Dome und dem Mont Cenis statt. Die Reichlichkeit des Niederschlags war verschieden je nach der Oertlichkeit; in Lyon war er nur unbedeutend und zeigte sich als röthlicher Schlamm, den der Volksaberglaube zum Blutregen stempelte. In Marimieux dagegen wurden die Soldaten eines an die schweizer Grenze rückenden Bataillons mit Schmutz übergossen und ihre Uniformen so zugerichtet, daß sie sorgfältig gewaschen werden mußten. In Valence lagerte sich eine so dicke Schicht ab, daß man die Dachrinnen fegen und die Abzugsröhren abnehmen mußte. Nach Fournets Berechnung entluden die Wolken über dem Departement de la Drome eine Staubmasse von 7200 Centnern Gewicht, zu deren Fortschaffung 180 vierspännige Wagen kaum ausgereicht haben würden. Ehrenberg, dem Proben des gefallenen Staubes eingesandt wurden, erkannte in demselben 73 Arten von Organismen, von denen einige ausschließlich dem mittleren Amerika angehören. Mithin war diese Erde aus Amerika herbeigeweht worden. Da in Mittelamerika ein Wirbelsturm am 13. October hauste, so hatte der Staub, welcher am 17. in Frankreich fiel, den weiten Weg in vier Tagen zurückgelegt, was für die Secunde eine Geschwindigkeit von 52 Fuß ergiebt.

Am 31. März 1847 fiel ein gefärbter Regen in der Umgegend von Chambery. Das Wasser sah milchig aus und verdankte diese Färbung einer thonigen Beimengung. Die Kleider der von diesem Regen getroffenen Personen waren mit deutlichen weißen Flecken bedeckt. Aus Savoyen kam die Nachricht, daß dort bei Südwestwind ein erdiger rother Schnee gefallen sei, welcher den Boden mehrere Centimeter hoch bedeckte. Diese Färbung des Schnees durch Staub muß nicht mit der oft wahrgenommenen Färbung verwechselt werden, welche ein kleines auf dem Schnee lebendes Thier hervorbringt; es ist dies die uredo nivalis, eine In-

fusorienart, welche sich über größere Schneeflächen der Polargegenden und der Alpen verbreitet findet. Zur Zeit dieses rothen Schneefalles schneite es auch in Frankreich sehr reichlich und Orkane wütheten in Havanna, auf den Bahama-Inseln, den Azoren, in Portugal und Spanien. In Grignan fielen 24 Störche aus der Luft herab, die in den Wolken entweder erstickt oder vom Blitze getödtet worden waren; in Nantua hob eine Trombe ein Schilderhaus mit der Schildwache 10 Fuß hoch empor und bedeckte die Straßen mit Trümmern von Ziegeln, Fensterscheiben und Schornsteinen. Das Barometer ging am 31. März schnell herunter und fiel am 2. April noch tiefer.

Am 27. März 1862 fiel ein mit Staub untermischter Regen, der roth gefärbt war und beim Trocknen eine feine, gelbliche Masse zurückließ. Ehrenberg fand in demselben 44 verschiedene Arten von Organismen. Aehnlich war der Regen im Mai 1863, welcher zu Beauvois 6 Stunden lang fiel und einen ähnlichen Rückstand hinterließ. In der Nacht vom 30. April zum 1. Mai dieses Jahres entlud sich ein heftiges Gewitter über Perpignan. Am Morgen fand man an mehreren Stellen der Stadt und der Umgegend einen röthlichen Staub, der mit dem Regen gefallen war. Auch im Departement der östlichen Pyrenäen fand dieselbe Erscheinung statt, nur war hier statt des Regens rother Schnee gefallen. Die Flecken, die man durch Blut roth gefärbt glaubte, erregten Schrecken bei dem Landvolk. Die Untersuchung ergab, daß in dem Schnee thon- und eisenhaltiger Mergel enthalten war, untermischt mit feinem Sande.

Natürlich kann jeder einigermaßen heftige Wind Staubwolken in die Höhe führen; es tritt dies namentlich dann ein, wenn der Wind zugleich eine drehende Bewegung besitzt und eine Art von Saugen entsteht, wodurch die kleinen auf der Landstraße oft wahrgenommenen Sandwirbel hervorgebracht werden. Der weite Gürtel von Wüsten, welcher sich in der subtropischen Zone durch die alte und neue Welt erstreckt, ist vorzugsweise geeignet, den Winden erdige Bestandtheile zu liefern; auch aus Europa können die letzteren Sand- und Staubmassen entnehmen. Wir lernten oben die furchtbare Gewalt der Tromben kennen und weisen hier nur auf die wegen ihrer zerstörenden Wirkung so bemerkenswerthe Trombe von 1780 hin; sie begann bei Carcassonne an den Ufern des Aude, hob große Sandmassen bis zu gewaltiger Höhe empor, deckte 80 Häuser ab, wirbelte die Garben der Felder empor und streute sie weit umher. Große Eschen wurden entwurzelt und ihre dicksten Aeste 120 Fuß weit weggeschleudert. Eine solche Gewalt reicht hin, um das Fortführen von Sand und Erde bis auf sehr große Entfernungen zu erklären.

Einer der letzten und merkwürdigsten Blutregen fand am 10. März 1869 statt. An diesem Tage wehte in Neapel der Sirocco, jener heiße Wind, von dem wir oben gesprochen haben. Seine Stöße brachten jene Art von Dunst, der

ihn begleitet und einem leichten Nebel gleicht. Das Barometer war stark gesunken und stand auf 736 Millimeter. Es war sehr heiß und von Zeit zu Zeit fielen heftige und kurze Schauer bald als feiner und dichter Regen, bald in den schweren Tropfen des Gewitterregens. Jeder Tropfen dieses Gusses ließ eine schlammige Spur an dem Orte zurück, wo er gefallen war. Diese Flecke hatten, in der Nähe betrachtet, eine lebhaft gelbbraune Färbung und glichen den Flecken, welche eisenhaltiges Wasser hervorbringt. Die Tropfen ließen auf den Kleidern Spuren zurück und auf den Hüten Flecken, wie von angespritztem Schlamm, der Eisenoxyd enthält. Ein angefeuchtetes und dem Winde ausgesetztes Blatt Papier war nach einigen Minuten mit einer großen Zahl kleiner röthlicher Körner bedeckt, die sphärisch gestaltet waren und einen Durchmesser von $^1/_{10}$ bis $^1/_{100}$ Millimeter besaßen. Fragt man, woher dieser Sand stammte, so ist die Antwort nicht zweifelhaft. Folgt man der von dem Winde angegebenen Richtung, so gelangt man direct nach Afrika, ohne auf ein Land zu treffen, von wo diese Stoffe hätten entnommen werden können. Der Samum der Sahara hatte sie also über das Mittelmeer getragen und auf die Küsten Italiens geschleudert. Breton, Professor zu Grenoble, bemerkt, daß dieser Rückstand ganz demjenigen glich, den er zu Valence im September 1847 nach dem oben besprochenen rothen Regen gesammelt hatte.

In der That kam dieser Sand aus der Sahara. Am 9. März war Algerien der Schauplatz eines Sturmes von der allergrößten Heftigkeit. Nahe bei El-Ontaja wurde eine Colonne französischer Soldaten mitten in einem Sandmeere von dem Winde überrascht; sie gebrauchte $4^1/_2$ Stunden, um einen Weg von $1^1/_2$ Meilen zurückzulegen. „In den 17 Jahren, die ich in Algier zugebracht habe, sagt ein Augenzeuge, habe ich niemals eine solche Qual erlebt. Unsere kleine Colonne mußte Halt machen und die größten Vorsichtsmaßregeln anwenden, um die Leute zusammenzuhalten und keinen Mann zu verlieren. Als wir zum zweiten Male nothgedrungen hielten, wendeten wir dem Winde den Rücken, und während $1^1/_2$ Stunden war es uns unmöglich, die Sonne und den Himmel zu erblicken, obschon wir vorher nur ganz leichtes Gewölk über unserem Haupte gesehen hatten. Ganze Viertelstunden lang konnte man die Nachbarn nicht sehen, die sich doch nur einige Fuß entfernt hingekauert hatten.“ Der rothe zu Neapel fallende Regen war also sicherlich am Tage zuvor dem Sande der Sahara entnommen, wo ein Sturm wüthete, der sich von dort über Nordafrika, das Mittelmeer und ganz Europa verbreitete.

Tarry wies neuerdings darauf hin, daß diese Erscheinungen eng verbunden sind mit großen Störungen in der Atmosphäre. Am 20. März, 10 Tage nach dem erwähnten rothen Regen, traf ein heftiger über England kommender Sturm die französischen Küsten. Am 20. lag das Centrum der Luftverdünnung in Bou-

logne bei einem Barometerstande von 734 Millimeter, am 21. bereits in Lesina am adriatischen Meere. Am 22. erreicht der Sturm Afrika, wo er wie die früheren den Sand der Sahara emporwirbelt. Nun beginnt eine rückläufige Bewegung; aufs Neue tritt ein Sinken des Barometers im südlichen Europa ein, wo sich das Quecksilber nach dem Vorüberziehen des Sturms wieder gehoben hatte. Am 24. sinkt das Barometer in Palermo auf 740, in Rom auf 742 Millimeter; der Wind erreicht eine unerhörte Gewalt, in Rom giebt Secchis' Meteorograph eine Geschwindigkeit von 160 Meilen für 24 Stunden an, die größte Geschwindigkeit, die der Wind in dem ganzen Jahre erlangte. Gleichzeitig bemerkt man in Sicilien, daß die Atmosphäre mit dichten Wolken und gelblichem Staube erfüllt ist, der dem Himmel ein ungewöhnliches Aussehen verleiht. Als der Regen zu fallen beginnt, hinterläßt jeder Tropfen einen gelblichen Rückstand, der sich erst nach mehrmaligem Befeuchten auflöst. Diese von Silvestre in Catania analysirte Masse bestand aus Thon, Kalk, Eisenoxydhydrat, Chlor-Natrium, Kieselsäure und stickstoffhaltigen organischen Substanzen. Dieselbe Erscheinung wurde in der Umgegend von Rom und bei Lesina in Illyrien wahrgenommen.

Der letzte bekannt gewordene rothe Regen fiel am 13. Februar 1870. Am 7. Februar trat eine starke Erniedrigung des atmosphärischen Druckes in England ein, indem das Barometer auf 745 Millimeter fiel. Am 9. sank es an den Küsten des Mittelmeeres, am 10. auf Sicilien. Dieses Sinken des Barometers war von einem heftigen Sturme begleitet, welcher in Rom drei Tage lang aus Norden wehte. In Frankreich und Italien herrschte strenge Kälte, in Rom fiel Schnee in den Nächten zum 8. und 9. Am 11. und 12. trat ruhiges Wetter ein, der Wirbelsturm hauste in Afrika, wo er den Sand emportrieb. Alsbald aber machte sich die rückläufige Bewegung geltend. Am 12. fällt das Barometer in Spanien, heftiger Südwind weht am 13. und 14. in Spanien und Italien. Afrika sendet den Sturm zurück, den es wenige Tage zuvor aus Europa erhalten hat, und mit ihm den Sand der Sahara. In der That wurde am 13. um 2 Uhr Nachmittags röthlicher Sand in dem Regenwasser an mehreren Orten bei Rom wahrgenommen, in Subiaco, Tivoli und Mondragone. In der Nacht zum 14. fielen rothe, erdige Massen bei Genua und zu Moncalieri rother Schnee, welcher denselben Sand enthielt.

Aus dieser historischen Uebersicht geht hervor, daß die sogenannten Blutregen gar nicht so selten sind, als man gewöhnlich annimmt, und daß sie meistens von Staub herrühren, den der Wind aus sehr weiter Ferne herbeitreibt. Am häufigsten ereignen sie sich im Frühling und Herbst, d. h. zur Zeit der Aequinoctialstürme. Bisweilen können sie auch, wie wir sahen, durch Schmetterlinge verursacht werden. Noch eine dritte Ursache muß hier erwähnt werden; bisweilen wird die Asche der Vulkane vom Winde bis auf sehr weite Entfernungen fort-

getrieben und kann ähnliche Erscheinungen verursachen, wovon mehrere Beispiele bekannt sind.

Wir lassen jetzt eine Reihe anderer Wunderregen folgen, welche alte Chroniken meistens mit starken Uebertreibungen berichten und für die sich oft nur schwer eine Erklärung finden läßt. Sehr oft werden Regen von Milch erwähnt. So meldet Livius, daß es im Jahre 629 bei Veji Milch und Oel regnete. Der Mangel jeder näheren Angabe macht eine Erklärung unmöglich; vielleicht fielen hier Producte eines vulkanischen Ausbruches oder kalkhaltige Erde, welche der Wind emporgewirbelt hatte. Im Jahre 620 flossen Ströme von Milch in einen Teich bei Rom, 643 floß an einem nicht näher angegebenen Orte drei Tage lang

Regen von Kreuzen, nach einer Zeichnung aus dem Mittelalter.

Milch; zahlreiche Opferthiere wurden in Folge dieser Wundererscheinung geschlachtet. Das Wegspülen kreidehaltiger Massen konnte leicht diese Täuschung hervorrufen, doch hätte die allereinfachste Untersuchung Aufklärung bringen müssen. Dio Cassius erwähnt einen Regen, welcher der Milch glich und welcher kupfernen Münzen und Gefäßen drei Tage lang das Aussehen von Silber verlieh. Wenn die Thatsache wahr ist, so handelte es sich hier offenbar um Quecksilber, welches eine ähnliche Erscheinung hervorruft. Allein woher sollte dieses Quecksilber stammen? Glykas meldet ebenfalls einen Quecksilberregen, der vielleicht mit dem vorigen identisch ist, wenn er auch in die Zeit des Aurelian verlegt wird.

An diese Regen können wir eine Erscheinung anreihen, welche zu oft beobachtet worden ist, als daß man an ihrer Wirklichkeit Zweifel hegen könnte, wobei es dahingestellt bleiben muß, ob nicht absichtliche oder unabsichtliche Täuschung die

wahrgenommenen Thatsachen entstellt hat. Wir meinen das Erscheinen von Kreuzen auf den Kleidern. Im Jahre 764 erweckte die Zuchtlosigkeit der Mönche von der Kirche des heiligen Martin in Tours den Zorn Gottes, berichtet Gregor von Tours; es regnete Blut, und Kreuze erschienen auf den Kleidern der Leute. Im Jahre 1094 fielen Kreuze vom Himmel auf die Kleider der Priester, ohne Zweifel in Folge ihrer Gottlosigkeit, sagt Schott. 1534 fiel in Schweden ein Regen, welcher auf den Kleidern die Erscheinung eines rothen Kreuzes zurückließ. Cardanus sucht das Phänomen zu erklären, indem er annimmt, daß rother Staub in dem Regenwasser enthalten gewesen sei, und daß die Kreuze dadurch entstanden seien, daß die Tropfen auf die sich kreuzenden Fasern des Gewebes fielen. Fromand und Schott verwerfen diese Erklärung, da diese Kreuze sich nach ihrer Angabe auf allen Theilen der Kleidung bildeten und weil Blutstropfen, die man auf ein Gewebe fallen läßt, niemals die Gestalt eines Kreuzes annehmen. Nach der Meinung dieser beiden frommen Männer lag hier ein unmittelbares Wunder vor. Allein noch mehr. Die Chroniken melden, daß im Jahre 1501 in Deutschland und Belgien Kreuze nicht blos auf die Kleider fielen, sondern sogar in Kästen eingeschlossen gefunden wurden. Vorzugsweise erschienen sie auf den Kleidern der Frauen und zeigten sich bei einzelnen Personen sogar auf der Haut, oft auch auf Brod. Die Wundererscheinung trat drei Jahre hinter einander zur Passionszeit ein, „ohne Zweifel, sagt die Chronik, um die leider so oft vergessene Ehrfurcht in Erinnerung zu bringen, welche wir dem Blute des Erlösers schuldig sind." Johan v. Horn, der Statthalter von Lüttich, berichtete an den Kaiser Maximilian I. über ein 22jähriges Mädchen in Lüttich, dessen Kleider sich unaufhörlich mit blutigen Kreuzen bedeckten, obschon sie oft gewechselt wurden. Berichtet doch noch im Februar 1874 eine Zeitung ganz ernsthaft von einem jungen Mädchen in Frankreich, welches die fortwährend blutenden Wundenmale des Heilands an sich trägt, und welches, was vielleicht noch wunderbarer ist, seit dem Jahre 1871 keine Speise zu sich genommen hat.

Von Blut bis zu Fleisch ist der Uebergang leicht. Livius erzählt folgenden Fall: „Im Jahre der Stadt 273 fiel Fleisch in größeren und kleineren Stücken wie Schnee vom Himmel. Das was die Vögel nicht verzehrten, verbreitete keinen Geruch und veränderte sich nicht." Wäre überhaupt eine Widerlegung nöthig, so würde diese letzte Bemerkung verrathen, daß es sich hier nicht um Fleisch handelte, da solches bald in Fäulniß übergeht. „Sollte der hier gefallene Stoff mit dem Manna identisch sein, von dem die hebräischen Erzählungen berichten? Oder soll man das Factum einfach leugnen?" fragt sich Grellois bei Erwähnung dieses sonderbaren Regens. Uebrigens hat man andere Beispiele vom Herabfallen nahrhafter Stoffe. Solche Regen fielen neuerdings in den Jahren 1824 und 1828 in Persien und zwar so reichlich, daß der Boden an einzelnen

Stellen 5—6 Zoll hoch bedeckt war. Es war eine bereits bekannte Flechtenart; die Thiere, namentlich die Schafe, fraßen sie begierig und man bereitete Brod aus dieser Masse. In Irland fiel im Jahre 1675 nach Muschenbroeks Bericht eine fette, klebrige Masse, fast wie Butter, welche in der Hand schmolz, am Feuer aber sich zersetzte und einen üblen Geruch verbreitete.

Der Abbé Richard berichtet folgende beiden Fälle, welche er Feuerregen nennt. Im November 1741 wurde eine Wolke von einem heftigen Ostwinde gegen die Berge getrieben, welche neben Almeria in Granada liegen; sie zerbarst und aus ihr fiel ein Funkenregen, welcher nicht blos das Gras auf den Feldern entzündete, sondern auch einen Theil des von Court befehligten, bei Almeria ankernden Geschwaders in Brand setzte. Am 10. März 1695 entlud sich ein starkes Gewitter um 7 Uhr Abends über Chatillon sur Seine. „Da der obere Theil der Wolke, aus welcher der Donner zu kommen schien, sich entzündet hatte, so schien die ganze Luft in Flammen zu stehen. Alle, welche dies erblickten, erschraken sehr und glaubten, daß alle Dörfer in der Nachbarschaft vom Feuer verzehrt werden müßten, das überall in Funken herabfiel, welche den beim Schmieden des Eisens herumstiebenden Funken glichen. Wenn dieselben zur Erde fielen, rollten sie eine Zeit lang umher, wurden blau und erloschen. Dieser Feuerregen hielt eine Viertelstunde lang an und verbreitete sich über eine große Fläche, ohne indessen eine Feuersbrunst hervorzurufen. Nach dem Gewitter fiel Schnee in großen Flocken."

Im Jahre 823 fielen vom Himmel Körner, welche dem Weizen glichen, aber kleiner waren. Man kann dies Factum für wahr gelten lassen, ebenso wie das folgende von Johnston berichtete: „In Kärnthen fielen zwei Stunden lang über eine sehr große Fläche Getreidekörner, aus denen man Brod backen konnte." Auch des Cassiodorus Bericht, daß im Jahre 371 bei den Atrebaten bei einem Regen Wolle fiel, ist nicht unglaublich.

Die so oft berichteten Schwefelregen rühren gewöhnlich von dem Blüthenstaub einiger diöcistischen Pflanzen, namentlich der Fichten und Nußbäume her, welcher oft auf weite Entfernungen vom Winde fortgetragen wird. Ohne daß wir bis auf den Schwefelregen, der Sodom und Gomorrha zerstörte, zurückzugehen brauchen, finden wir mehrfache Berichte über wirkliche Schwefelregen. Olof Worms erzählt, daß am 16. Mai 1646 in Kopenhagen ein sehr starker Regen fiel, welcher die ganze Stadt überschwemmte und einen Staub enthielt, welcher in jeder Beziehung dem Schwefel glich. Simon Pauli berichtet, daß am 19. Mai 1665 in Norwegen bei einem heftigen Sturm ein Staub fiel, der ganz dem Schwefel ähnlich war, angezündet denselben Geruch entwickelte und mit Terpentin gemischt eine Flüssigkeit gab, welche dem sogenannten Schwefelbalsam vollkommen glich. In beiden Fällen werden wohl die Vulkane Islands den Schwe-

fel geliefert haben. In Neapel sind ähnliche Erscheinungen nicht selten. Sigisbeck erwähnt einen bei Braunschweig gefallenen Schwefelregen, „der aus wirklichem, mineralischem Schwefel bestand."

Zu Autreche im Departement Indre et Loire war am 9. April 1869 Mittags die Luft ganz still, der Himmel unbewölkt, als, wie Jallais berichtet, ein Regen von trockenen Eichenblättern hoch aus der Luft herabfiel. Der Berichterstatter, dessen Auge sehr scharf ist, sah die Blätter als glänzende Punkte in sehr großer Höhe an dem blauen Himmel erscheinen und rund um sich herabfallen, wobei sie eine fast senkrechte, ein wenig nach Osten hin abweichende Linie beschrieben. Er beobachtete dies eigenthümliche Schauspiel fast eine Viertelstunde lang; auf einem benachbarten Teiche schwammen die Blätter in sehr großer Menge und bedeckten einen Raum von einem Quadratmeter Fläche. Die Erscheinung ist wohl die Folge eines sehr starken Sturmes gewesen, welcher am 3. tobte. Die durch den Wirbelwind bis zu sehr bedeutender Höhe gehobenen Blätter wurden durch den Wind 6 Tage lang in den oberen Regionen der Atmosphäre festgehalten und fielen herab, als auch hier oben die Luft sich beruhigt hatte.

Noch merkwürdiger als das Herabfallen mineralischer und vegetabilischer Stoffe sind die Regen von Thieren, welche unzweifelhaft bisweilen stattfinden. Als wir von den Tromben sprachen, haben wir schon gesehen, daß diese Meteore das Wasser von Teichen mit den Fischen in die Höhe heben können. Peltier erzählt, daß ihm im Jahre 1835 bei Ham Frösche auf den Kopf fielen, welche eine Trombe herbeigetragen hatte. In der Nacht vom 29. zum 30. Januar 1869 begann es in Savoyen um 4 Uhr Morgens nach einem heftigen Windstoße zu schneien, und am Morgen fand man auf dem Schnee sehr viele lebende Insektenlarven. Dieselben waren sicher nicht in der Nähe ausgeschlüpft, da hier an den vorhergehenden Tagen sehr niedrige Temperatur geherrscht hatte; am 24. Januar hatte das Thermometer — 12 Grad, an den übrigen durchschnittlich — 4 Grad gezeigt. Es waren meistens Larven von trogosita mauretanica, einem Insekt, das sich häufig auf alten Stämmen in den Wäldern Frankreichs findet; auch einige Raupen eines Nachtfalters (stibia stagnicola) fanden sich vor. Diese Raupe ist in der Mitte des Februar ausgewachsen und bewohnt das südliche und mittlere Frankreich. Tissot, welcher das Phänomen beobachtet hat, fügt hinzu, daß im November 1854 bei heftigem Winde mehrere Tausend Insekten, zum großen Theil lebend, in einem Gebüsche bei Turin zu Boden fielen, einzelne als Larven, die meisten als vollkommene Insekten; sie gehörten einer Art von Halbdeckern an, die bis jetzt nur auf der Insel Sardinien gefunden worden ist.

Die alten Schriftsteller berichten oft von Thierregen; so soll es im Chersonnes drei Tage lang Fische geregnet haben. Athenäus erzählt: „In Kleinasien regnete es so viele Frösche, daß Häuser und Straßen mit ihnen angefüllt waren. Man

schloß die Häuser und tödtete sehr viele der Thiere. Das Wasser war ganz voll von ihnen und man konnte keinen Fuß zur Erde setzen, ohne sie zu zertreten. Die verwesenden Leiber verbreiteten einen so giftigen Geruch, daß die Bewohner die Gegend verlassen mußten." Auch Varro berichtet, daß die Bewohner einer Stadt in Gallien durch unzählige vom Himmel gefallene Frösche aus ihren Häusern verjagt worden seien. Fromond erzählt, daß als im Jahre 1625 vor den Thoren Tournays plötzlich ein Regen auf den trockenen Staub fiel, mit einem Male eine solche Menge von Fröschen, alle von derselben Größe und derselben Farbe, erschien, daß sie weithin den Boden ganz bedeckten. Solch plötzliches Erscheinen von Fröschen nach einem Gewitterregen, was sehr oft in Neapel beobachtet wird, hat fast immer seinen Grund darin, daß diese Thiere nach einem starken Regen ihre Schlupfwinkel verlassen und massenweise in den Straßen umherhüpfen. Nur in sehr seltenen Fällen heben Tromben Fische und Frösche in die Luft.

Die Regen von Heuschrecken werden durch ungeheure Schwärme dieser Gradflügler verursacht. Diese Insekten werden eine wahre Geißel für den Ackerbau. Sie kommen, vom Winde getrieben, lassen sich nieder und verwandeln die fruchtbarste Gegend in eine Einöde. Von fern gesehen gleichen ihre zahllosen Schaaren Gewitterwolken und verfinstern die Sonne. So hoch und so weit das Auge sehen kann, ist der Himmel schwarz und der Boden mit diesen Insekten bedeckt. Das Rauschen der Millionen Flügel gleicht dem Brausen eines Wasserfalls. Wenn das schreckliche Heer sich niederläßt, so brechen die Zweige der Bäume und in wenigen Stunden ist jede Spur von Vegetation meilenweit verschwunden. Das Getreide wird bis auf die Wurzel abgefressen, die Bäume der Blätter beraubt, alles Grün vernichtet. Wenn nichts mehr übrig ist, so erhebt sich der schreckliche Schwarm wie auf ein gegebenes Signal und fliegt davon, Oede und Hungersnoth hinter sich lassend. Ist Alles weit und breit aufgezehrt, so gehen sie oft aus Mangel an Nahrung vor der Zeit des Eierlegens zu Grunde; ihre zahlreichen Leiber gehen dann bald in Verwesung über und die hierbei erzeugten schädlichen Gase rufen ansteckende Krankheiten hervor.

Im Jahre 1690 ließen sich in Polen und Litthauen drei ungeheure Heuschreckenschwärme nieder. „An manchen Orten, schreibt ein Augenzeuge, wo sie umgekommen waren, lagen die Leiber vier Fuß hoch übereinander. Die Lebenden belasteten die Bäume so stark, daß die Zweige sich bis zur Erde bogen." Im Jahre 1709 wurde die Armee Karls XII. bei ihrem Rückzuge nach der Niederlage von Pultawa in Bessarabien auf ihrem Marsche durch einen Heuschreckenschwarm aufgehalten. Als die Heuschreckenwolke heranzog, glaubten die Schweden, ein Hagelwetter kommen zu sehen. Der Wolke ging ein pfeifendes Geräusch voraus, wie man ein solches vor dem Sturm hört, und das Rauschen ihres Fluges übertönte das Brausen des schwarzen Meeres. Alle Felder waren in kurzer Zeit vollständig kahl.

Im südlichen Frankreich vermehren sich die Heuschrecken bisweilen in so erstaunlichem Maße, daß man in kurzer Zeit mehrere Fässer mit ihren Eiern anfüllen kann; sie haben dort schon oft die ärgsten Verwüstungen angerichtet, zuletzt im Jahre 1834. Mezeray erzählt, daß im Jahre 1613 sich ein Heuschreckenschwarm bei Arles niederließ. In 7 bis 8 Stunden war das Getreide auf einer Fläche von 15,000 Morgen bis zur Wurzel verzehrt. Der Schwarm flog alsdann über die Rhone nach Tarascon, wo er zum großen Theile durch Staare und andere insektenfressende Vögel, die in ungeheuren Schaaren herbeiflogen, vertilgt wurde. Die Behörden von Arles und Marseille ließen die Eier sammeln, was für die beiden Städte eine Ausgabe von zusammen 45,000 Franken verursachte; 3000 Centner Eier wurden theils in die Erde vergraben, theils in die Rhone geworfen. Rechnet man $1\frac{3}{4}$ Millionen Eier für den Centner, was wohl noch hinter der Wirklichkeit zurückbleibt, so wurden hier 5250 Millionen Heuschreckeneier zerstört, deren junge Brut andernfalls das Land aufs Neue verwüstet haben würde.

Auch die Maikäfer sammeln sich bisweilen zu solchen Schwärmen und fallen wie aus einer Wolke herab, so daß sie weit und breit die Felder und Wege bedecken. Sie wandern alsdann ähnlich wie die Heuschrecken weiter, wenn sie das Laub der Landschaft aufgezehrt haben. So bildeten sie beispielsweise im Jahre 1688 in der Grafschaft Galway in Irland eine so dichte Wolke, daß der Himmel eine Stunde weit verfinstert war und daß die Landleute an den Orten, wo sie sich niederließen, sich nur mit Mühe einen Weg bahnen konnten. Sie vernichteten die Vegetation so vollständig, daß die Landschaft ein winterliches Aussehen erhielt. Ihre Kiefer verursachten beim Fressen ein Geräusch wie eine Säge, die einen dicken Holzblock durchschneidet, und am Abend glich das Summen ihrer Flügel entferntem Trommelwirbel. Die unglücklichen Irländer, denen jedes andere Nahrungsmittel geraubt wurde, sahen sich gezwungen, die Körper ihrer Feinde zu kochen und zu verzehren. Im Jahre 1804 trieb ein heftiger Wind ungeheure Wolken von Maikäfern in den Züricher See, wo sich die Körper am Ufer zu einer dicken Schicht anhäuften und bei der Verwesung die Luft verpesteten. Am 18. Mai 1832 ließ sich eine Maikäferwolke auf einen Postwagen bei Gisors nieder, so daß die erschreckten und wie geblendeten Pferde nicht von der Stelle zu bringen waren und der Conducteur sich gezwungen sah, in die Stadt zurückzukehren und das Vorüberziehen des Schwarms abzuwarten.

Wir schließen hiermit die Uebersicht über die Regen von Blut, Erde, vegetabilischen Stoffen und Thieren. Wie wir im vorigen Capitel Schriftsteller berichten hörten von Hagelkörnern groß wie ein Elephant, so ist auch hier die Wahrheit oft bis zur Unkenntlichkeit durch maßlose Uebertreibung entstellt. So ungeheuer auch bisweilen die Kraft des Windes ist, so reicht sie doch wohl nicht hin, um

größere Thiere in die Luft zu heben, und wenn der gelehrte arabische Arzt Avicenna berichtet, er habe mit eigenen Augen ein Kalb vom Himmel fallen sehen, so müssen wir diese und ähnliche Erzählungen in das Reich der Fabeln verweisen. Freilich erzählt Xavier de Maistre ganz ernsthaft, daß im Jahre 1820 ein junges Mädchen durch eine Trombe emporgewirbelt worden sei, doch erfahren wir nicht, wie hoch die Luftfahrt dieser leichten Person ging. Auch im Jahre 1618 soll in Mantua eine Frau von einem heftigen Winde emporgehoben worden sein, doch fehlt auch hier die Angabe, wie hoch. Die älteste derartige Erzählung läßt den Nemäischen Löwen aus dem Monde zur Erde fallen. Allerdings fallen oft centnerschwere Massen aus der Luft herab, welche wir als Aerolithen kennen gelernt haben, allein alle organischen Stoffe, welche bisweilen als Regen herabfallen, stammen sämmtlich von unserem Planeten und wurden durch heftige Winde emporgehoben.

---

# Sechstes Buch.

# Die elektrischen Erscheinungen in der Atmosphäre.

Digitized by Google

## Erstes Capitel.

### Die Elektricität an der Erdoberfläche und im Luftkreise.

Schon mehrere Hundert Jahre vor unserer Zeitrechnung fiel es den griechischen Philosophen auf, daß der Bernstein durch Reiben die Eigenschaft erlange, leichte Körper, wie trockene Blätter und Strohhalme, anzuziehen. Sie verglichen ihn mit dem Magnete und Aristoteles war geneigt, ihm dieser Eigenschaft wegen eine Seele zuzuschreiben. Er ahnte nicht, daß diese Seele des Bernsteins, diese unscheinbare Kraft, welche nur ganz leichte Körper in Bewegung setzte, sich oft genug vor seinen Augen im großartigsten Maßstabe bethätigte, und zwei Jahrtausende mußten vergehen, bevor man erkannte, daß sie es ist, die in der großartigen Naturerscheinung des Gewitters so gewaltige Wirkungen hervorbringt und durch die Macht der von ihr bedingten Erscheinungen einen jeden für Natureindrücke empfänglichen Sinn auf das Tiefste erregt. In der That giebt es wenig Naturschauspiele, welche so mächtig auf die Sinne und die Einbildungskraft wirken, wie das Gewitter; die massige Bildung und eigenthümliche Färbung der Wolken, der orkanähnliche Wind, der wolkenbruchartig herabfluthende Regen, das grelle Licht des Blitzes, das furchtbare Krachen des Donners — Alles versetzt die Sinne in eine eigenthümliche Erregung und wir fühlen uns ohnmächtig gegenüber dem Aufruhr der entfesselten Naturkräfte. Von jeher hat man dem Gewitter Bilder entlehnt, um die höchste Kraft, die göttliche Macht zu versinnbildlichen. „Die Stimme Gottes, nennt der hebräische Dichter den Donner, die Stimme Gottes, welche die Cedern zerbricht und die Berge hüpfen macht, wie das Junge des Rindes"; der Grieche gab dem Zeus, dem Vater der Götter, den Blitzstrahl in die Hand, als Symbol der höchsten Macht, und unsere Vorfahren ließen den Thor den Donnerhammer schwingen. Bevor wir nun auf das großartige Phänomen des Gewitters näher eingehen, ist es zum richtigen Verständniß der Einzelnheiten

nothwendig, an einige bekannte Sätze aus der Elektricitätslehre zu erinnern und in aller Kürze die Hauptgesetze zu besprechen, welche bei elektrischen Erscheinungen zur Geltung kommen.

Bekanntlich theilen wir die Körper in elektrische Leiter und Nichtleiter ein. Die letzteren, Glas, Seide, Harz, Schwefel u. a. verbreiten die in einem ihrer Punkte erregte Elektricität nicht über ihre ganze Oberfläche und verlieren dieselbe bei der Berührung mit andern Körpern nur an der Berührungsstelle, wogegen die Leiter sowohl die auf sie übertragene Elektricität über ihre ganze Oberfläche verbreiten, als auch dieselbe bei der Berührung mit andern Körpern ihrer Art vollständig verlieren. Sollen diese letzteren die Elektricität bewahren, so müssen sie isolirt, d. h. nur mit nichtleitenden Körpern in Berührung sein, da im entgegengesetzten Falle ihre Elektricität auf die berührenden Leiter entweichen würde. Zu den Leitern zählen vorzugsweise die Metalle und die Flüssigkeiten; auch die feuchte Luft leitet einigermaßen, wogegen trockene Luft als ein schlechter Leiter zu betrachten ist. Ebenso bekannt ist, daß sich zwei verschiedene Arten von Elektricität hervorrufen lassen, welche wir als positive und negative unterscheiden; die erstere erhalten wir vorzugsweise beim Reiben des Glases, die letztere beim Reiben der Harze. In Bezug auf ihr gegenseitiges Verhalten gilt das Gesetz: gleichnamige Elektricitäten stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an. Sind z. B. zwei nebeneinander an Seidenfäden aufgehängte Holundermarkkügelchen mit derselben Elektricität geladen, so stoßen sie sich ab und fliehen vor einander, während sie sich lebhaft anziehen, wenn die eine positiv, die andere negativ elektrisch ist. Ursprünglich sind nun in jedem Körper beide Elektricitäten vorhanden und kommen nur deshalb nicht zur Geltung, weil sie sich gegenseitig ausgleichen, lassen sich aber leicht auseinanderziehen und zur Anschauung bringen. Nähert man beispielsweise einer mit positiver Elektricität stark geladenen Kugel einen auf Glas ruhenden, also isolirten Metallstab, so zeigt sich an seinem der Kugel zugewendeten Ende negative, am abgewendeten positive Elektricität, welche beide aber sofort wieder verschwinden, wenn man den Stab aus dem Wirkungskreise der Kugel entfernt. Bei der Annäherung hat die in der Kugel angehäufte positive Elektricität die ungleichnamige negative angezogen und die gleichnamige positive abgestoßen; bei der Entfernung des Stabes fiel der Grund der Trennung weg, und beide Elektricitäten mußten sich daher wieder ausgleichen, so daß der Stab keine von beiden zeigte.

Nähert man den Metallstab immer mehr der Kugel, so nimmt die gegenseitige Anziehung beider Elektricitäten fortwährend zu, und die Spannung, d. h. das Vereinigungsbestreben wird endlich so groß, daß die beide Körper trennende Luftschicht durchbrochen wird und beide Elektricitäten sich ausgleichen. Hierbei sieht man eine lebhafte Lichterscheinung, den bekannten elektrischen Funken, welcher, be-

gleitet von einem scharfen Knacken, aus der Kugel hervorbricht und auf den Stab überspringt. Um die Kugel so stark zu laden, daß aus ihr Funken gezogen werden können, reicht das Elektrisiren mit einer einfachen Glasstange nicht aus, vielmehr muß man hierzu die Elektrisirmaschine verwenden, bei welcher eine Metallkugel, der Conductor, die Elektricität aufsammelt, die in einer zwischen Lederkissen gedrehten und so elektrisch gemachten Glasscheibe erzeugt wird. Dieser elektrische Funke, welcher mit grellem Licht aus dem Conductor hervorbricht, dies scharfe Knacken, welches ihn begleitet, sie sind im Kleinen das, was wir beim Gewitter im Großen als Blitz und Donner wirken sehen, und schon die ersten Physiker, welche diese Erscheinung mit Hülfe ihrer noch sehr unvollkommenen Maschinen wahrnahmen, heben die Aehnlichkeit derselben mit Blitz und Donner hervor. Die Vermuthung, daß diese Aehnlichkeit nicht blos zufällig, sondern daß die Elektricität es sei, welche beim Gewitter Donner und Blitz hervorrufe, wurde bestärkt, als man in der Mitte des vorigen Jahrhunderts mit Hülfe stärkerer Maschinen und der neu entdeckten Leidener Flasche kräftigere Funken hervorlockte und die Wirkung derselben kennen lernte. Ein solcher Funken durchbohrt und zertrümmert schlechtleitende Körper, bringt dünne Metalldrähte zum Glühen, selbst zum Schmelzen, macht Stahl magnetisch, entzündet brennbare Stoffe, kurz zeigt im Kleinen alle die Eigenschaften, die uns den Blitz so furchtbar machen. Dennoch fehlte die Bestätigung dieser Vermuthung, und es war dem Genie Benjamin Franklins vorbehalten, dieselbe durch Experimente auf das Glänzendste zu liefern. Als derselbe die Entdeckung gemacht hatte, daß die Elektricität aus metallenen Spitzen leicht in die Luft ausströmt und umgekehrt durch dieselben aus elektrischen Körpern aufgesogen wird, kam er auf den glücklichen Gedanken, den Zustand der Gewitterwolken selbst zu untersuchen, und schlug vor, durch metallene auf hohen Gebäuden aufgerichtete Stangen die Elektricität der Wolken aufsaugen und zur Erde herabführen zu lassen. Diesem Vorschlage folgend erhielt d'Alibard zu Marly la Ville aus einer 40 Fuß hohen, unten isolirten Metallstange am 10. Mai 1752 elektrische Funken, als eine Gewitterwolke darüber hinzog, und wenn auch somit dieser Physiker den verlangten Beweis zuerst geliefert hat, so gebührt doch der Ruhm der Entdeckung dem intellectuellen Urheber des Experiments. Diesem Letzteren, der nichts von d'Alibards Erfolgen wußte, stand in seinem Wohnorte Philadelphia kein passendes Gebäude zur Verfügung, und als er lange vergeblich auf die Vollendung eines Thurmes gewartet hatte, verfiel sein sinnreicher Geist auf ein anderes Auskunftsmittel. An einem Drachen, dem bekannten Spielzeug der Knaben, befestigte er vorn eine metallene Spitze, die mit der Schnur in leitender Verbindung stand, und hoffte, daß wenn er diesen Apparat einer Gewitterwolke entgegensteigen ließe, es ihm gelingen würde, die Elektricität auf die Erde herabzuziehen. Von seinem kleinen Sohne begleitet begab er sich ins Freie, als gerade ein Ge-

witter heraufzog, und ließ den Drachen steigen, nachdem er an das Ende der Schnur einen eisernen Schlüssel gebunden, die Schnur selbst aber mit einer zweiten seidenen verknüpft, also isolirt hatte. Die ersten Wolken zogen über den hoch in der Luft schwebenden Drachen hin, ohne daß sich eine Spur von Elektricität in dem Schlüssel zeigte, als aber ein feiner Regen die Schnur angefeuchtet und dadurch besser leitend gemacht hatte, bemerkte Franklin, daß die Fasern derselben sich aufrichteten und durch dies Abstoßen Elektricität verriethen. Als er nun den Finger näherte, sprangen aus dem Schlüssel deutlich Funken über, und somit war die Anwesenheit von Elektricität in der Gewitterwolke und damit die Identität des Blitzes mit dem elektrischen Funken nachgewiesen.

De Romas Experiment.

Dies Experiment Franklins fand im Juni 1752 statt; es wurde vielfach und überall mit gutem Erfolge wiederholt. Wahrhaft überraschende Resultate erhielt de Romas zu Nerac dadurch, daß er einen Metalldraht in die über 1000 Fuß lange Schnur einflocht, so daß die Elektricität der Wolken leichter zur Erde herabgeleitet werden konnte. „Man denke sich, sagt er, Feuerstreifen von 9 bis 10 Fuß Länge und 1 Zoll Dicke, von einem Krachen begleitet, welches stärker war als ein Pistolenschuß; in weniger als einer Stunde erhielt ich 30 solcher Funken, vieler anderer nicht zu gedenken, die 7 und weniger Fuß lang waren." Obwohl er die größte Vorsicht anwendete und namentlich die Funken nicht mit der Hand, sondern mit einem in die Erde gesteckten Metallstabe auszog, traf ihn dennoch einer der Schläge und schleuderte ihn zu Boden. Eine große Zahl von Personen, unter ihnen viele Damen, wohnten dem Experimente bei. Uebler erging es dem Professor Richman in Petersburg, welcher bei einem derartigen

Digitized by Google

Experimente das Leben einbüßte. Er hatte von dem Dache seines Hauses eine isolirte Metallstange in sein Cabinet hinabgeführt und bestimmte täglich die

Tod des Professor Richman.

Intensität der atmosphärischen Elektricität, welche ihm durch die Stange zuströmte. Am 6. August 1753 hielt er sich bei einem starken Gewitter der Stange fern, um die starken Funken zu vermeiden, als unvermuthet sein Famulus eintrat und Richman ihm einige Schritte entgegen trat, die ihn dem Conductor nahe brachten.

Digitized by Google

Aus dem letzteren sprang eine bläuliche Feuerkugel von der Größe einer Faust, traf den Unglücklichen auf die Stirn und streckte ihn todt nieder.

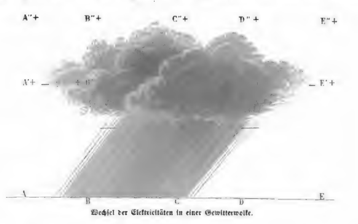
Bald nach Anstellung dieser Versuche erkannte man, daß sich nicht blos während des Gewitters Elektricität in der Luft befindet, sondern daß die Atmosphäre fortwährend wechselnde Quantitäten derselben enthält; es drängte sich die Frage auf, welches die Quelle dieser atmosphärischen Elektricität sei, eine Frage, welche noch jetzt nicht vollständig entschieden ist, trotzdem man diese Quelle bald in diesem, bald in jenem Processe zu finden glaubte. Unbestrittene Thatsache ist es indessen, daß die Menge der atmosphärischen Elektricität zunimmt, sobald sich der in der Luft enthaltene Wasserdampf verdichtet und in die Dampfbläschen übergeht, deren Anhäufung zu größeren Massen wir als Nebel und Wolken kennen gelernt haben. Je rascher diese Verdichtung des Dampfes vor sich geht, je schneller sich also die Wolken bilden, um so mehr nimmt die Menge der atmosphärischen Elektricität zu, und die letztere häuft sich endlich so an, daß die elektrische Wolke sich unter Blitz und Donner entladet. Wir sind somit berechtigt, in einer schnellen Verdichtung des Wasserdampfes die nächste Ursache des Gewitters zu suchen.

Das allgemeine Resultat der Untersuchungen über die Elektricität der Erde und der Atmosphäre hat ergeben, daß die Erde im normalen Zustande mit negativer Elektricität geladen ist, während die Atmosphäre positiv elektrisch ist. An der Erdoberfläche, wo ein fortwährendes Ausgleichen stattfindet, zeigt sich keine Elektricität, ebenso wenig wie in den unteren Luftschichten, welche mit dem Erdboden oder dem Meere in Berührung sind. Die positive Elektricität in der Atmosphäre nimmt mit der Höhe zu.

Die ungeheure Verdunstung, welche an der Meeresoberfläche in der äquatorialen Zone vor sich geht, beladet mit positiver Elektricität die Wolken, welche sich in der Höhe bilden und die von dem oberen Passat fortgeführt werden, wobei sie diese positive Elektricität der Atmosphäre mittheilen. Diese Anhäufung von positiver Elektricität in der Luft bedingt in den Polargegenden eine entsprechende Anhäufung von negativer Elektricität im Boden. Das Nordlicht verdankt seinen Ursprung wahrscheinlich der Spannung zwischen diesen beiden entgegengesetzten Elektricitäten, zwischen denen ein geräuschloser aber sichtbarer Ausgleich stattfindet. Deswegen ist auch die Erscheinung des Nordlichts von elektrischen Strömungen begleitet, welche im Erdboden auf weite Strecken hin circuliren, so daß das Schwanken der Magnetnadel in Berlin ein Nordlicht anzeigen kann, welches in Schweden oder in Island sichtbar ist.

Obwohl die Wolken im Allgemeinen positiv elektrisch sind, kommen doch auch bisweilen negativ elektrische Wolken vor. Nicht selten sieht man, wie an den Gipfeln der Berge Wolken gewissermaßen festhängen, als ob sie angezogen würden, um sich später loszulösen und dem allgemeinen Zuge des Windes zu folgen.

In diesem Falle haben die Wolken sehr oft ihre positive Electricität verloren und dafür die negative der Berge angenommen, so daß jetzt statt der vorhergehenden Anziehung eine Abstoßung erfolgt. Andererseits sind in einer Wolkenschicht, welche sich zwischen dem negativ elektrischen Boden und einer höher schwebenden positiv elektrischen Wolke befindet, die Elektricitäten derartig vertheilt, daß die positive sich an der unteren, die negative sich an der oberen Fläche ansammelt. Fallen nun einige Regentropfen aus der Wolke, so wird die positive Electricität abgeleitet und die ganze Wolkenschicht verhält sich jetzt wie der Erdboden, d. h. sie ist unter dem Einfluß der oberen, stark positiv elektrischen Wolke negativ geworden. Da die Angaben unserer Instrumente nur das relative Ver-



Wechsel der Electricitäten in einer Gewitterwolke.

hältniß zweier entgegengesetzter Ladungen darstellen, so kann es sich ereignen, daß wenn eine positiv geladene Wolke über unserem Haupte hinzieht und sich in Regen auflöst, die Luft vor und nach dem Regen, ja während desselben negativ elektrisch erscheint, je nach der Intensität der Ladung der Wolken. Man kann sich mit Quetelet den Vorgang folgendermaßen veranschaulichen. ABCDE ist der Boden, den wir uns in neutralem Zustand denken. Die dem Boden parallele Luftschicht A'B'C'D'E' ist anfangs wolkenlos und positiv geladen und zwar überall mit derselben Intensität. Die höher gelegene Schicht A''B''C''D''E'' ist ebenfalls, aber stärker positiv elektrisch. Es möge jetzt eine Wolke B'C'D' heranziehen, die ebenfalls positive Electricität besitzt, aber stärker geladen ist, als die umgebende Luft. Die Folge wird sein, daß die benachbarte Luft im Vergleich mit der Wolke negativ erscheint. Für einen Beobachter bei A wird die über ihm lagernde Luft positive Electricität verrathen. Bei dem Herannahen der Wolke scheint die posi-

Digitized by Google

tive Elektricität abzunehmen, verschwindet ganz und schlägt sogar in negative Elektricität um; bald aber kommt der Regen und mit ihm positive Elektricität. Ein ähnlicher Wechsel wird sich zeigen, wenn der Regen vorübergeht und die Wolke sich entfernt. Bei D wird sich negative Elektricität verrathen, bei E wieder positive.

Wie die Wärme und der atmosphärische Druck, so ist auch die atmosphärische Elektricität einer jährlichen und täglichen Schwankung unterworfen, und erleidet außerdem zufällige Veränderungen, welche beträchtlicher sind, als die regelmäßigen. Im Sommer liegt das tägliche Maximum zwischen 6 und 7 Uhr Morgens, im Winter zwischen 10 und 12 Uhr, wogegen das Minimum des Sommers um 5 Uhr, im Winter um 3 Uhr Nachmittags stattfindet. Ein zweites Maximum macht sich bei Sonnenuntergang bemerkbar, worauf ein Abnehmen bis Sonnenaufgang eintritt. Diese tägliche Schwankung hängt mit dem hygrometrischen Zustand der Luft zusammen. Bei der jährlichen Periode fällt das Maximum in den Januar, das Minimum in den Juli. Diese Periode wird durch die großen Strömungen der Luft bedingt; der Winter ist die Zeit, wo der Aequatorialstrom in unseren Gegenden am kräftigsten auftritt; in Uebereinstimmung hiermit zeigen sich in dieser Jahreszeit die meisten Nordlichter.

Im vierten Buche sahen wir, daß das Ringen der großen Luftströmungen in der heißen Zone, wo sich das Bindeglied zwischen den zum Aequator und zum Pol ziehenden Strömen knüpft, sowie die Verdampfung des Wassers in den Oceanen unter der Gluth der Tropensonne die Wirbelstürme und die Orkane entfesseln, die ihre kreisende Bewegung bis in unsere Breiten beibehalten. Diese mit höchster Energie ausgeführten Bewegungen entbinden die Elektricität in ungeheuren Proportionen und nur selten tritt der Fall ein, daß diese Naturerscheinungen nicht von Donner und Blitz begleitet sind. Die Bildung der Wolken über dem Meer und dem Lande, die Nebel unserer Gegenden, der Zug der Wolken längs der Thäler und über den Bergen entbinden ebenfalls wechselnde Mengen von Elektricität. Es kommt zum Gewitter, wenn diese Elektricität der Wolken, statt sich mit der des Bodens langsam auszugleichen oder allmählig auszustrahlen, sich in einigen Wolken anhäuft und sich schließlich in gewaltigen Schlägen mit der negativen Elektricität des Bodens oder anderer Wolken ausgleicht. Die großen weit verbreiteten Gewitter bilden sich über dem atlantischen Ocean und werden vom Aequatorialstrom nach Europa getrieben; sie sind das Resultat der Wirbelstürme und zwar ziehen die Wolken höher als 4500 Fuß in der Richtung von Südwest nach Nordost, ohne daß die Bodengestaltung einen merklichen Einfluß auf ihre Richtung ausübt. Bei kleineren, mehr localen Gewittern, die sich in unseren Gegenden selbst bilden, ziehen die Wolken weit tiefer und fegen bisweilen fast über den Boden hin, so daß sie von der Oertlichkeit stark beeinflußt werden,

nur schwer über die Gebirge wegziehen und den Thälern folgen, denen sie in reichem Maße Blitz und Hagel zusenden.

Dem Gewitter geht ein langsames aber stetiges Fallen des Barometers voraus. Charakteristisch ist die Ruhe der Luft sowie die erstickende Hitze, die uns doppelt lästig wird, da die Oberfläche des Körpers in der mit Feuchtigkeit gesättigten Luft nicht mehr ausdünstet. Ein eigenthümliches beängstigendes Gefühl, sehr verschieden von wirklicher Furcht, befällt manche nervöse Persönlichkeiten, die sich

Flächenblitz.

vergebens desselben zu erwehren suchen. Gerade in diesen Lagen erkennt man recht deutlich, wie innig die leibliche und geistige Natur mit einander verknüpft sind.

Sehen wir nun, wie sich die gewaltige Naturkraft bethätigt, welche die Gewitterwolke in sich birgt. Wenn eine mit Elektricität überreichlich geladene Wolke sich entweder gegen den Boden oder gegen eine andere entgegengesetzt elektrische Wolke entladet, so entsteht eine Lichterscheinung, welche identisch ist mit den Funken unserer Elektrisirmaschinen. Dieser elektrische Funke, der Blitz, durcheilt augenblicklich jede noch so große Entfernung zwischen den beiden entgegengesetzt elektrischen Punkten, und man hat ermittelt, daß seine Dauer noch nicht den

Digitized by Google

zehntausendsten Theil einer Secunde beträgt. Am häufigsten erscheint uns der Blitz als ein plötzliches diffuses Licht und erhellt für einen Moment die Erde und die Wolken, welche in Folge des Contrastes sofort in noch größere Dunkelheit als zuvor zurückversinken. Sei es nun, daß sich hier der Ausgleich der Elektricitäten zwischen den Wolken auf einer großen Fläche vollzieht, die sich momentan erhellt und wieder verdunkelt, sei es, daß ein Blitz in Zickzackform stattfindet, der durch dazwischen liegende Wolkenschichten unserem Auge verdeckt wird und nur diese Wolken erleuchtet, stets sieht man bei diesen diffusen Blitzen,

Zickzackblitz.

welche bei weitem die häufigsten sind, eine weite Fläche erleuchtet, auf welcher sich für einen Augenblick die Ränder der Wolken abzeichnen. Während eines Gewitters kommt auf 100 solcher Flächenblitze kaum ein Blitz in Linienform, obschon diese letztere Gattung die eigentliche charakteristische Gestalt des Blitzes ist. Bei den Linienblitzen sprüht der Funke in scharf begrenzter Bahn von einer Wolke zur andern oder zur Erde, oder selbst von dieser letzteren gegen die Wolke. Selten beschreibt er eine gerade, fast immer eine Zickzacklinie, entweder weil die Feuchtigkeit ungleichmäßig in der Luft vertheilt ist und diese an den einzelnen Punkten dadurch ungleiche Leitungsfähigkeit erhält, oder weil einzelne Theile der Wolken die entgegengesetzte Elektricität stärker angesammelt haben, als andere. Vielleicht liegt der Grund dieses Abweichens von der geraden Linie darin, daß

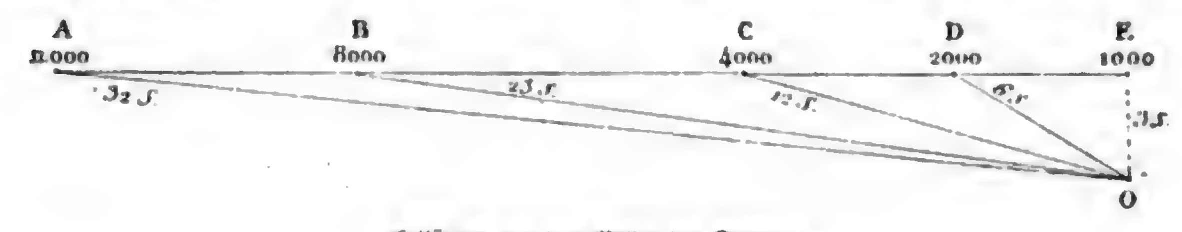
der Blitz bei seiner schnellen Bewegung die Luft dermaßen verdichtet, daß sie ihm ein Hinderniß entgegensetzt und er seitwärts nach der verdünnten und deshalb besser leitenden Luft ausbiegt. Hierfür spricht auch der Umstand, daß die Bahn keine scharf gebrochene Zickzacklinie, sondern eine gewundene Schlangenlinie ist; auch kräftige Elektrisirmaschinen erzeugen Funken, die deutlich eine gewundene Bahn verfolgen. Uebrigens fährt der Blitz oft scheinbar regellos umher, wie wir bei einschlagenden Blitzen sehen, die in den Häusern von einem Punkte zum andern springen, als folgten sie einer Laune, in der That aber suchen sie die besseren Leiter auf. Bisweilen theilen sich die Zickzackblitze in zwei Aeste; Arago citirt mehrere Beispiele von dreifach getheilten Blitzen, namentlich bei Gewittern, die vulkanische Eruptionen begleiteten. Auch vier- und fünffach getheilte Blitze sind beobachtet worden, bei denen sich die ursprünglichen beiden Aeste abermals getheilt hatten.

Das Licht der Blitze ist nicht immer rein weiß, sondern bisweilen gelb, roth, blau, selbst violett und purpurfarbig. Diese Färbung wird bedingt durch die Menge der entbundenen Elektricität, durch die Dichtigkeit und Feuchtigkeit der Luft, sowie durch die Substanzen, welche sich in feiner Vertheilung im Luftkreise befinden. Die violetten Blitze lassen auf eine sehr bedeutende Höhe der Wolken, aus denen sie stammen, und auf eine starke Verdünnung der Luft schließen und erinnern an das elektrische Licht in den mit stark verdünnter Luft gefüllten Geisler'schen Röhren.

Man macht sich meistens eine falsche Vorstellung von der Länge der Blitze, indem man dieselbe für geringer hält, als sie wirklich ist. Während wir in unseren physikalischen Cabineten nur mit sehr kräftigen Maschinen elektrische Funken von mehr als einem Fuß Länge hervorzubringen vermögen, durchlaufen die Blitze Bahnen, die selten kürzer als $1/8$ Meile, meistens aber $1/2$ Meile lang sind, und in seltenen Fällen eine Länge von 2 Meilen erreichen. Petit hat in Toulouse einen Blitz beobachtet, welcher $2^1/_4$ Meilen lang war und somit die größte bekannte Länge erreichte. Auch Arago berichtet von mehreren Blitzen, die 2 Meilen lang waren. Die zu der Erde herabfahrenden Blitze besitzen nicht eine so bedeutende Länge, da die Gewitterwolken niemals in so gewaltigen Höhen schweben, wenn auch die Untersuchungen, welche über diese Höhe angestellt worden sind, das Resultat ergeben, daß die Gewitterwolken bisweilen sehr beträchtliche Höhen erreichen. De l'Isle fand am 6. Juni 1712 die Höhe einer Gewitterwolke, die über Paris schwebte, zu 24,000 Fuß, Chappe die Höhe einer Wolke über Tobolsk zu 10,400 Fuß, Kämptz erhielt bei einer Messung in Halle 9500 Fuß. Bisweilen senken sie sich auch sehr tief herab und schweben nur wenige hundert Fuß hoch, wie z. B. Haidinger die Höhe einer über Graz schwebenden Gewitterwolke zu 220 Fuß fand. Auf hohen Bergen hat man oft noch Gewitter über sich beobachtet,

so Saussure oberhalb des Mont-Blanc, Bouguer und Candamine auf dem Pichincha in 14,600 Fuß Meereshöhe, Ramond auf dem Mont-Perdu und dem Pic-du-Midi in der Höhe von 10,200 und 8900 Fuß. Ueber dem Meere schweben die Gewitterwolken meistens 3000—4000 Fuß hoch.

Nächst dem Blitze zieht beim Gewitter vorzugsweise der Donner unsere Aufmerksamkeit auf sich, ja er wirkt vielleicht in noch höherem Grade auf unsere Sinne als jener. Er entsteht durch die Vibrationen der durch die elektrische Entladung erschütterten Luft und macht sich bald als kurzes lautes Krachen, bald als langgezogenes Rollen dem Ohre vernehmbar. Befindet man sich nahe bei dem Ende der Bahn des Blitzes, dort wo dieser einschlägt, so vernimmt man ein gewaltiges Krachen, dem das charakteristische Rollen folgt, welches alle Sprachen durch die dem Donner gegebene Bezeichnung nachahmen (tonitru, βροντή, tonnerre, thunder). Bei der Hervorbringung dieses eigenthümlichen rollenden Geräusches, welches bisweilen lange anhält, wirken mehrere Ursachen zusammen, unter denen das Echo obenan steht. Die Wolken und die Gegenstände auf der Erdoberfläche




Erklärung von dem Rollen des Donners.

werfen den Schall zurück und verursachen hierdurch ein Rollen des Donners. Gerade so erzeugt ein Kanonenschuß, welcher über einer Schlucht abgefeuert wird, ein rollendes Getöse, welches ganz dem Donner gleicht. Allein es giebt noch eine andere Ursache, die schon für sich allein ein Rollen des Donners hervorrufen würde, nämlich die geringe Geschwindigkeit, mit welcher sich der Schall fortpflanzt. Die Länge des Blitzes beträgt selten unter einer Viertelmeile, gleichviel ob er horizontal zwischen zwei Wolken oder in schräger Richtung nach einer anderen Wolke oder zur Erde fährt. Der Donner entsteht nun gleichzeitig auf allen Punkten der von dem Blitze durchlaufenen Bahn und muß daher von den näher gelegenen Punkten dieser letzteren aus eher zu unserem Ohre gelangen, als von den entfernteren. Geht z. B. ein 11,000 Meter langer Blitz in horizontaler Richtung von A bis E, während wir uns 1000 Meter unterhalb des Endes der Bahn in O befinden, so wird der Schall, der in jeder Secunde 337 Meter zurücklegt, von E aus nach 3 Secunden bei uns eintreffen, während er von den Punkten D, C und B aus 6, 12 und 23 Secunden gebraucht und endlich von A aus erst nach 32 Secunden zu uns gelangt, so daß ein 29 Secunden langes Rollen des Donners entstehen muß. Befinden wir uns, was meistens der Fall ist, nicht

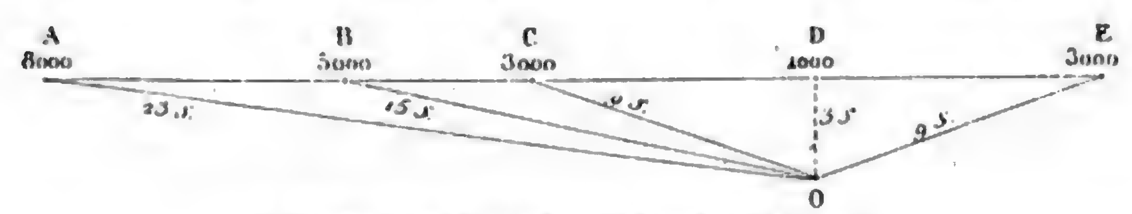
Gewitter in den Alpen.

Digitized by Google

Digitized by Google

gerade in der Nähe von dem Ende der Blitzbahn, so hören wir zunächst einen Knall, hierauf ein Anschwellen, dann aber ein Abnehmen des Donners. Es erreicht nämlich der in D erzeugte Schall zuerst unser Ohr und zwar nach 3 Secunden; allein jetzt wird es immer je zwei Punkte der Bahn geben, den einen rechts, den andern links von D (beispielsweise E und C), von denen aus der Donner zu gleicher Zeit bei uns eintrifft, was zunächst eine Verstärkung des Schalls zur Folge haben muß. Wenn der Blitz einen stark geschlängelten Weg verfolgt, so kann es sogar mehrere Punkte geben, von denen aus der Donner gleichzeitig zu uns gelangt, wodurch ein wiederholtes Anschwellen bedingt wird. Befinden wir uns also nahe bei dem Ende der Bahn, so wird der Donner sofort mit lautem Krachen einsetzen und allmählig verhallen, befinden wir uns aber seitwärts oder unterhalb der Bahn des Blitzes, so wird das laute Krachen nicht sofort eintreten, vielmehr wird der erst schwache Donner schnell anwachsen und alsdann langsam verhallen.

Die Dauer des Donners ist sehr verschieden, wie ein jeder aus Erfahrung




Erklärung von dem Anschwellen und Verhallen des Donners.

weiß; die längste mit Sicherheit gemessene Dauer betrug 45 Secunden. Bei einem am 8. Juli 1712 beobachteten Blitze giebt de l'Isle die einzelnen Phasen des Donners folgendermaßen an. Elf Secunden nach dem Blitze beginnt leiser Donner, nach 12 Secunden kracht er, nach 32 Secunden hört das Krachen auf und nach 50 Secunden erstirbt das Geräusch. Ebenso verschieden ist die Stärke der Donnerschläge; bisweilen wird der Donner mit dem Krachen von vielen gleichzeitig abgefeuerten Kanonen verglichen, bisweilen ist er nicht stärker als ein Pistolenschuß. Oft gleicht das Geräusch dem eigenthümlichen Kreischen, was man beim Zerreißen von Seidenzeug wahrnimmt, oft dem Rasseln eines mit Eisenplatten beladenen Wagens.

Der längste Zwischenraum, welcher zwischen dem Blitze und dem Eintreffen des Donners beobachtet worden ist, beträgt 72 Secunden, was für die Wolke eine Entfernung von etwa drei Meilen ergiebt; die nächstgrößte Pause beträgt nur 49 Secunden und entspricht einer Entfernung von wenig über 2 Meilen. Durch directe Beobachtungen hat man ermittelt, daß auch die heftigsten Donnerschläge nicht weiter als drei Meilen gehört werden, gewöhnlich aber nur $1^1/_2$ bis 2 Meilen. Dies ist um so auffälliger, als Kanonendonner sich auf weit größere

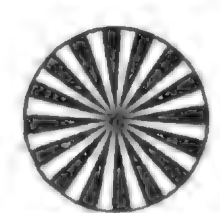
Entfernungen vernehmen läßt, nämlich 5 Meilen und bei schwerem Caliber wohl 10 Meilen weit. Bei Belagerungen und großen Schlachten, wo Hunderte von Geschützen in Thätigkeit sind, hört man das Getöse noch viel weiter. Der Knall der großen Krupp'schen Kanonen, welche im Januar 1871 Paris bombardirten, wurde bei Dieppe in einer Entfernung von 18 Meilen vernommen. Die Kanonade in der Schlacht von Paris am 30. März 1814 wurde zu Casson 22 Meilen weit gehört, ja der Kanonendonner der Schlacht von Belle-Alliance soll nach Arago 25 Meilen weit in Creil gehört worden sein. Der Grund für die weitere Verbreitung des Kanonendonners liegt wohl darin, daß derselbe sich nicht blos durch die Luft fortpflanzt, sondern auch durch die Erde fortgeleitet wird.

Da der Donner nicht weiter als drei Meilen vernehmbar ist, so folgt, daß wenn man bei klarem Himmel einen Donnerschlag vernimmt, dieser Schlag nicht aus einer Wolke stammen kann, welche unter unserem Horizonte steht. Ein Mann von mittlerem Wuchs kann etwa eine halbe Meile weit die Erde überblicken; ein 75 Fuß hoher Gegenstand wird $2^1/_2$ Meile weit sichtbar, ein 1500 Fuß hoher Körper, wie ein isolirter Berg, 10 Meilen weit. Schwebt eine Gewitterwolke 3000 Fuß hoch, was die mittlere Höhe der Haufenwolken ist, so wird man sie 15 Meilen weit sehen. Sollte nun eine Wolke in der Entfernung von 3 Meilen unterhalb unseres Horizontes stehen, so müßte sie den Boden berühren, was für Gewitterwolken nicht stattfindet. Es kann sich also auch Elektricität entbinden und in Blitz und Donner entladen, ohne daß eine Wolkenbildung stattfindet, wie die in sehr seltenen Fällen beobachteten Donnerschläge aus heiterer Luft beweisen.

Ein unterhalb des Horizontes stehendes Gewitter kann sich uns des Nachts in anderer Weise, nämlich durch das Wetterleuchten verrathen. Diese eigenthümliche blitzartige Erscheinung, die oft auch bei heiterem Himmel eintritt, ist dadurch charakterisirt, daß das Licht matter und von keinem Donner gefolgt ist. Wir erblicken dasselbe nicht blos in der Nähe des Horizontes, sondern oft auch in höheren Regionen, bisweilen wird sogar das Zenith von demselben erhellt. Dies milde Licht erinnert lebhaft an die Lichtbüschel, welche man im Finstern an Spitzen wahrnimmt, die an dem Conductor der Elektrisirmaschine angebracht sind, und verdankt gewiß in vielen Fällen seine Entstehung ähnlichen Ausstrahlungen aus den Spitzen elektrischer Wolken. Oft zeigt es sich aber auch bei völlig heiterem Himmel und ist in diesem Falle, gewiß auch in vielen anderen, nichts Anderes, als der Reflex von Blitzen, die wir nicht direct wahrnehmen, weil das betreffende Gewitter so weit entfernt ist, daß die Wolken sich unterhalb unseres Horizontes befinden und ihre Blitze uns nur dadurch sichtbar werden, daß sie die höheren Theile der Atmosphäre erleuchten. Es könnte vielleicht auffallen, daß das Licht des Blitzes auf so große Entfernungen hin den Himmel genügend erhellen kann, um uns durch den Widerschein bemerklich zu werden, allein es steht fest, daß

ähnliche Erscheinungen schon durch ein weit schwächeres Licht hervorgerufen werden können. So macht sich z. B. das Abbrennen von kaum einem halben Pfund Pulver auf dem Brocken noch in einer Entfernung von mehr als 30 Meilen durch den Widerschein sichtbar an einem Orte, wo die Spitze des Brockens gar nicht mehr wahrgenommen, sondern durch die Krümmung der Erde verdeckt wird. Oft genug haben sich überdies die Physiker überzeugt, daß wenn irgendwo Wetterleuchten beobachtet wurde, gleichzeitig an einem nicht allzu entfernten Orte ein Gewitter stattfand.

Oben wurde erwähnt, daß man die Dauer des Blitzes geringer als den zehntausendsten Theil einer Secunde gefunden hat; die Messung wurde in folgender Weise ausgeführt. Man theilt eine kreisrunde Scheibe von Pappe in schwarze und weiße Sectoren und befestigt sie an einem kleinen Rade, das sich möglichst leicht drehen läßt und dem man eine sehr große Umdrehungsgeschwindigkeit verleihen kann. Es ist nun festgestellt, daß der Lichteindruck $^1/_{10}$ Secunde auf der Netzhaut des Auges zurückbleibt; wenn man beispielsweise eine glühende Kohle so



Getheilte Scheibe zur Messung der Dauer des Blitzes.

schnell im Kreise herumdreht, daß die Umlaufszeit $^1/_{10}$ Secunde beträgt, so bleibt das Licht der Kohle in jeder ihrer Stellungen so lange auf der Netzhaut, bis die Kohle zu diesem Punkte zurückkehrt, und man sieht daher einen feurigen Kreis. Nun ist das Rad so leicht beweglich, daß man es in einer Secunde mehr als hundert Mal um seine Axe drehen kann. Wird nun die Scheibe durch ein dauerndes Licht beleuchtet, so werden wir die einzelnen schwarzen und weißen Streifen nicht unterscheiden können, weil sie in kürzerer Zeit vor dem Auge vorüber gleiten, als der Lichteindruck bedarf, um zu verschwinden; die ganze Scheibe erscheint daher gleichförmig gefärbt. Dreht sich aber das Rad im Dunkeln und wird plötzlich durch ein Licht erleuchtet, welches eben so schnell wieder erlischt, so daß der in unserem Auge hervorgerufene Eindruck weniger als $^1/_{10}$ Secunde dauert und fast momentan ist, so erscheint die Scheibe unbeweglich. Indem man nun der Scheibe eine passende Geschwindigkeit ertheilt, gelangt man zu dem angegebenen Resultate.

Da das Licht in jeder Secunde einen Weg von fast 42,000 Meilen zurücklegt, so gebraucht es nur eine äußerst geringe, geradezu unmeßbare Zeit, um von dem Punkte, wo der Blitz entsteht, bis zu unserem Auge zu gelangen, da dieser Punkt stets nur wenige Meilen entfernt ist. Wir sehen daher den Blitz

im Augenblicke seines Entstehens selbst. Da nun aber der Schall sich nur mit einer Geschwindigkeit von 1040 Fuß in der Secunde fortpflanzt, so muß der Donner, der gleichzeitig mit dem Blitze entsteht, später bei uns eintreffen. Ist z. B. die Gewitterwolke 10,400 Fuß weit entfernt, so verfließt eine Pause von 10 Secunden zwischen dem Blitz und dem Eintreffen des Donners. Hiernach kann man die Entfernung eines Gewitters bestimmen; verkürzt sich die Pause zwischen Blitz und Donner, so nähert sich die Wolke, und entfernt sich, wenn diese Pause wächst. Da aber die Bahn des Blitzes sehr oft eine halbe Meile und darüber lang ist, so kann der Fall eintreten, daß der Blitz weit von uns einschlägt, auch wenn wir den Donner unmittelbar nach dem Blitze hören. Wir vernehmen nämlich zuerst den Schall, welcher an der am nächsten gelegenen Stelle der Blitzbahn entsteht. So folgte am 27. Juni 1866 der Donner unmittelbar dem Blitze, der zwei Reisende weiter als $^1/_2$ Meile von dem Beobachter erschlug.

---

## Zweites Capitel.

# Die Wirkungen des Blitzes.

Betrachten wir nun die Wirkungen, welche der Blitz ausübt, wenn er zur Erde kommt. Zieht eine Gewitterwolke über der Erde hin, so befindet sich diese letztere in einem ähnlichen Verhältnisse, wie ein dem Conductor der Elektrisirmaschine genäherter Metallstab. Die negative Elektricität des Bodens wird von der positiven der Wolken angezogen und häuft sich in allen hohen Gegenständen an, welche daher an ihrer Spitze stark elektrisch sind. Diese Anziehung zwischen den ungleichnamigen Elektricitäten wächst immer mehr, und wie vom Conductor der Funken auf den Stab überspringt, so stürzt sich endlich der Blitz aus der Wolke auf den Gegenstand herab. Ist letzterer ein guter Leiter und steht mit dem feuchten Erdboden in gut leitender Verbindung, so durchläuft ihn der Blitz und verbreitet sich in der Erde, ohne erhebliche Verwüstungen anzurichten, indem nur die Punkte, wo der Blitz ein- und austrat, Spuren des Schlages tragen. Ganz anders und wahrhaft furchtbar sind die Wirkungen, wenn der Gegenstand ein schlechter Leiter war, oder wenn überhaupt keine vollständige Ableitung in die Erde erfolgen konnte. In diesem Falle wird jeder schlecht leitende Körper, der sich dem Strahle in den Weg stellt, mehr oder weniger beschädigt, zertrümmert und bisweilen, wenn er leicht brennbarer Natur ist, wie trockenes Holz, Stroh u. s. w., in Flammen gesetzt. Dabei verfolgt der Blitz keineswegs eine gerade Linie, sondern verläßt dieselbe oft, stürzt sich auf den nächsten guten Leiter, durchläuft ihn und springt auf einen andern über, bis er endlich den Boden erreicht. Trifft der Blitz einen Baum, so folgt er dem wegen seiner Saftfülle gut leitenden Baste, schleudert die trockene, schlecht leitende Rinde in großen Stücken herunter und reißt den Splint bis zu einer Tiefe von mehreren Linien auf. Die Rindenstücke findet man oft in einer Entfernung von 20 und selbst 40 Fuß, und

bisweilen ist der Stamm so weit von Rinde und Bast entblößt, daß der zur Ernährung der Krone nothwendige Saft nicht mehr aufsteigen kann und der Baum abstirbt. In dem bloßgelegten Holze sieht man eine 1 bis 2 Zoll breite und 1/4 Zoll tiefe bräunliche Furche, welche meistens als eine sehr steile Spirale zur Erde herabläuft und oft am Fuße des Baumes in einem Loch von 1 Zoll Durchmesser endigt, welches der entweichende Blitz in die Erde gebohrt hat. Beim Nachgraben findet man oft an den Sandkörnern des Bodens Spuren von Schmelzung, ja in einem Falle, wo der Blitz in eine junge Birke geschlagen und gleichfalls ein Loch in die Erde gebohrt hatte, traf man unter diesem Loche eine jener sogenannten Blitzröhren, die man öfter in sandigen Hügeln findet und bei deren Entstehung man schon früher den Blitz thätig gedacht hatte. Diese einen Zoll dicken Röhren haben oft eine Länge von 20 bis 30 Fuß, lassen sich aber ihrer großen Zerbrechlichkeit wegen nur in zollgroßen Stücken aus dem Boden herausnehmen; die Innenseite ist verglast, die Außenseite rauh und mit angeschmolzenen Sandkörnern bedeckt. Ohne Zweifel hat der Blitz bei seinem Durchgang durch den trockenen Sand eine theilweise Schmelzung desselben bewirkt, so daß die einzelnen Körner untereinander zusammenhängen, und so viele Einwände auch früher hiergegen erhoben wurden, so ist doch die Richtigkeit der Annahme durch den erwähnten Fund und andere spätere ähnliche Beobachtungen, wo die Natur gewissermaßen auf der That ertappt wurde, außer Zweifel gestellt worden.

Wird ein Gebäude vom Blitz getroffen, so ist die Zerstörung gewöhnlich weit größer, indem hier so leicht keine leitende Verbindung mit dem Erdboden vorkommt, der Blitz somit weit öfter von einem guten Leiter zum andern überspringen muß und bei solchen Unterbrechungen seines Weges immer die ärgsten Verwüstungen anrichtet. Vorzugsweise sucht er die Metalle auf, sie mögen nun offen daliegen oder durch Mauerwerk verdeckt sein. Um sie zu erreichen, schlägt er oft Löcher von mehreren Fußen Durchmesser in die Mauern, schleudert die Steine nach allen Richtungen umher, zertrümmert das Holz und entzündet es bisweilen und stürzt sich mit solcher Gewalt auf die Metalle, daß sie oft Spuren von Schmelzungen zeigen, ja selbst ganz geschmolzen werden, wenn sie von geringer Dicke waren. So werden die Drähte der Glockenzüge, denen der Blitz folgt, vollständig zerstört und man sieht die geschmolzenen, glühenden Metallkügelchen wie einen Feuerregen zu Boden fallen, wo sie auf der Diele einen langen Streifen einbrennen; so ward am 19. April 1827 auf dem Packetboot „New York“ die dünne eiserne Kette, welche als Blitzableiter von der Spitze des Mastes in das Meer hinabreichte, in einer Länge von 117 Fuß geschmolzen, und die über das ganze Verdeck geschleuderten Eisenkügelchen brannten tief in das Holz ein, obschon letzteres durch den starken Regen angefeuchtet war.

Aehnliche Beispiele von Schmelzungen lassen sich in großer Zahl aufführen,

immer aber ist die geschmolzene Metallmasse nur von geringer Dicke, während stärkere Stäbe nur an den Punkten, wo der Blitz ein- und austrat, Spuren von Schmelzung zeigen. Ist der getroffene Stab von Stahl, so pflegt er mehr oder weniger stark magnetisch zu werden, ja es zeigt sich in stählernen Gegenständen selbst dann Magnetismus, wenn der Blitz nur in der Nähe vorbeiging. War der Stahl schon vorher magnetisch, so werden nicht selten die magnetischen Pole an andere Stellen hin verschoben, ja bei Magnetnadeln oft geradezu vertauscht, so daß das frühere Nordende jetzt nach Süd zeigt. So schlug z. B. am 9. Januar 1748 der Blitz in das englische Schiff „der Dover", beschädigte den Hauptmast und das Verdeck und vertauschte die Pole der Nadeln von den vier auf dem Schiffe befindlichen Compassen.

Hat der Blitz gezündet, so pflegt die Volkssprache von einem heißen Schlage zu reden und denselben von dem nicht zündenden Blitze, dem sogenannten kalten Schlage, zu unterscheiden. Indessen muß man sich vor der Annahme hüten, dem einen Blitze fehle die Fähigkeit zu zünden, da wir Beispiele kennen, wo der Blitz durch leicht brennbare Stoffe, wie trockenes Holz und Schießpulver, hindurchging, ohne sie in Flammen zu setzen, und dennoch an einem andern Punkte zündete. Man hat Beispiele, daß der Blitz in ein Pulvermagazin schlug, die Fässer zertrümmerte und das Pulver umherstreute, während er in andern Fällen das Pulver entzündet, das Magazin in die Luft sprengt und dadurch das grauenhafteste Unglück anrichtet. So schlug der Blitz im Jahre 1769 in den St. Nazariusthurm in Brescia, unter welchem sich ein unterirdisches Pulvermagazin befand, entzündete das Pulver und schleuderte den ganzen Thurm in die Luft, daß er wie ein Steinregen zu Boden fiel. Der sechste Theil der Gebäude in der Stadt wurde durch die Explosion umgestürzt, die meisten übrigen stark beschädigt. Gegen 3000 Menschen verloren das Leben.

Fast immer nimmt man an einem vom Blitze getroffenen Orte einen eigenthümlichen Geruch wahr, welcher meistens mit dem Geruch des brennenden Schwefels, bisweilen mit dem des Phosphors oder anderer brennbarer Stoffe verglichen wird. Es ist schwer zu entscheiden, welcher Art dieser Stoff ist, der hier unsern Geruchssinn afficirt. Sicher ist es, daß der elektrische Funke in der Luft das Ozon erzeugt, von welchem im ersten Buche die Rede war, eine Modification des in der Luft enthaltenen Sauerstoffs, welches einen eigenthümlichen Geruch besitzt und sich durch denselben beim Drehen einer Elektrisirmaschine sofort bemerklich macht. Ferner wissen wir, daß der elektrische Funke unserer Maschinen die Kraft hat, in einem Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff die Verbindung dieser beiden Gase zu salpetriger Säure und Salpetersäure zu bewirken. Da nun die Atmosphäre gerade aus jenen beiden Gasen zusammengesetzt ist, so muß der Blitz dieselben Wirkungen hier hervorbringen, wie denn auch der

Gewitterregen Spuren von Salpetersäure enthält. Nun besitzt die salpetrige Säure einen starken, eigenthümlichen Geruch, und wenn auch derselbe sowie der des Ozons weit von dem Geruch des brennenden Schwefels verschieden ist, so mögen doch wohl diese beiden Gase vorzugsweise die Ursache jener Erscheinung sein. Ueberdies verflüchtigt der Blitz manche Körper zum feinsten Staube, und es ist möglich, daß jene Gerüche, die sicher nicht immer dieselben sind, der Verflüchtigung von verschiedenen Stoffen ihre Entstehung verdanken, womit die Thatsache übereinstimmt, daß man öfters geschlossene, vom Blitz durchzogene Räume mit einem dichten, rauchartigen Qualm erfüllt findet, ohne daß sich eine Spur von Verbrennung oder Verkohlung zeigt.

Wird ein Mensch vom Blitz getroffen, so ist, wenn nicht augenblicklicher Tod, so doch Betäubung und zeitweise Lähmung die sichere Folge. An dem Körper des Getroffenen findet man fast immer mehr oder minder deutliche Spuren des Blitzes, oft lange, bläuliche Striemen, oft nur einige blaue Flecke; bisweilen sind die Haare versengt und fallen später aus, seltener werden Knochen zerschmettert, obwohl man Beispiele kennt, wo die Schädelknochen wie durch Keulenschläge zermalmt waren. Wirkt der Blitz nicht sofort tödtlich, so erholen sich die Getroffenen bisweilen schon nach kurzer Zeit vollständig, oft aber haben sie noch lange die Folgen der furchtbaren Erschütterung zu tragen, denn bald sterben sie nach einigen Tagen in Folge der erhaltenen Verletzungen, bald bleiben einzelne Glieder zeitlebens oder doch für längere Zeit gelähmt, oft sind sie von vollständiger Blindheit und Taubheit befallen, die erst nach Wochen und Monaten weichen. Von dem Vorgange haben sie keine Erinnerung und versichern, den Blitz nicht gesehen zu haben. Die Bekleidung wird bisweilen entzündet, stets aber sieht man, daß die metallischen Theile derselben getroffen sind; so werden Armbänder, Ketten, Ringe, Goldborten, selbst Knöpfe und Nadeln vom Blitze aufgesucht, und die anliegenden Theile des Körpers oder des Zeuges tragen alsdann deutliche Spuren des Blitzes. In manchen Fällen mögen gerade solche metallische Gegenstände den elektrischen Funken auf die betreffende Person gelenkt haben, wie z. B. der Blitz eine Dame beim Schließen des Fensters auf den Arm traf und das goldene Armband zerriß, ihr aber weiter keinen erheblichen Schaden zufügte.

Es mögen nun hier einige Beispiele solcher Unglücksfälle folgen; dieselben sind zum Theil einer Sammlung merkwürdiger Blitzschläge entnommen, welche im Laufe der letzten 20 Jahre in Frankreich stattfanden und von Flammarion aufgezeichnet wurden.

Am 1. October 1868 hatten sich 7 Personen bei einem Gewitter unter eine große Buche nahe bei Borello geflüchtet, als der Blitz in den Baum schlug und eine Frau sofort tödtete. Die Uebrigen wurden zu Boden geschleudert und kamen mit leichten Verletzungen davon mit Ausnahme einer zweiten Frau, welcher der

Rücken und die rechte Seite stark verbrannt wurden. Die Kleider der Getödteten hatte der Blitz in ganz kleine Fetzen gerissen, von denen einzelne in den Zweigen des Baumes hingen. Ein solches Fortreißen der Kleider ist öfters beobachtet worden; so wurde am 11. August 1855 ein Mann bei Vallerois vom Blitze getroffen und vollständig der Kleidung beraubt. Es wurden nur einige Stücke seiner mit Nägeln beschlagenen Schuhe, der eine Aermel des Hembes und wenige Fetzen der übrigen Kleidungsstücke gefunden. Zehn Minuten nach dem Schlage kehrte er in das Bewußtsein zurück, öffnete die Augen, beklagte sich über Kälte und war höchlich erstaunt, sich gänzlich nackend zu finden. Trotz der starken Verletzungen starb er nicht. Bei einem von Quatrefages erwähnten Falle wurden die Strümpfe in kleine Stücke zerrissen, der eine Schuh durch die ganze Stube geschleudert, zwei Nägel aus demselben losgerissen und in den Boden, ein anderer in die Hacke des Verunglückten getrieben. Auch die Gegenstände, welche die Getroffenen in der Hand tragen, werden oft fortgerissen; einer Dame, welche strickte, entführte der Blitz die Stricknadeln, ohne sie selbst zu verletzen. Am 20. April 1867 traf der Blitz einen jungen Bauer aus Orbagna auf dem Felde, riß ihm den Tragkorb aus der Hand, zerfetzte die Kleider und zerbrach die Holzschuhe in kleine Stücke. Der Unglückliche, der nur das Hemd behielt, wurde schwer verletzt und blieb längere Zeit taub. In anderen Fällen bleibt gerade die Kleidung unversehrt, während die Haut starke Brandwunden trägt. So wurde einem Manne die ganze rechte Seite vom Oberarm bis zum Fuß herab so verbrannt, als ob er auf glühenden Kohlen gelegen hätte, und doch waren alle Kleidungsstücke vollständig unversehrt. In einigen Fällen werden die Unterkleider verbrannt, während die Oberkleider keine Spur von Verletzungen aufweisen.

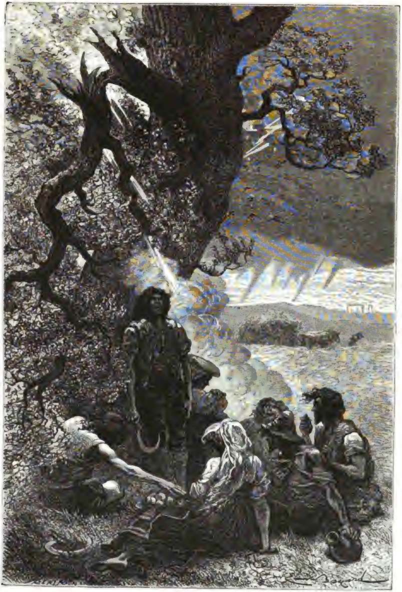
Wie der Blitz auf seinem Wege die Metallstücke aufsucht, läßt sich deutlich aus folgendem Falle ersehen. Am 7. Mai 1869 wurde der Capitain Lacroix in seinem Zelte im Lager von Chalons erschlagen. Man bemerkte den Unglücksfall erst am folgenden Morgen. Der Körper lag an der Erde, das Gesicht nach oben gewendet, die geballte rechte Hand hielt einen metallenen Leuchter gegen die Brust gedrückt. Der Weg, den der Blitz verfolgt hatte, ließ sich deutlich erkennen; zunächst hatte derselbe den eisernen Knopf auf der Spitze des Zeltes getroffen, war an der nassen Zeltdecke, wo man die Spur deutlich sehen konnte, nach einem daran befestigten eisernen Ringe gefahren, von dort auf die Goldborten an dem Kepi des Verunglückten gesprungen, die ganz auseinander gezerrt waren, hatte die Uhr und das Portemonnaie getroffen, die erstere zum Stillstand gebracht und ihr Gehäuse theilweise geschmolzen; endlich war er in das eiserne Feldbett gefahren, dessen Decken Brandspuren zeigten.

Wegen dieses Aufsuchens der Metallmassen von Seiten des Blitzes ist das Läuten der Glocken während eines Gewitters eine durchaus zu verwerfende Ge-

wohnheit; in Frankreich, wo vielfach der Glaube verbreitet ist, daß das Gewitter durch das Läuten der Glocken abgewendet werde, vergeht selten ein Jahr, ohne daß ein Mann bei dieser Arbeit getödtet wird. Am 11. September 1868, als über der Kirche von Puy l'Eveque ein Gewitter losbrach, hielt ein Kaufmann in der Abwesenheit des Glöckners es für seine Pflicht, die Glocke zu läuten, um das Unwetter zu beschwören. Allein kaum hatte er das Glockenseil berührt, welches aus Eisendrähten geflochten und mithin in hohem Grade leitend war, als eine gewaltige Explosion erfolgte, welche die Anwesenden auf das Heftigste erschreckte. Der Uebereifrige war zu Boden geschleudert worden, gab nur schwache Lebenszeichen und verschied nach ³/₄ Stunden. Brandes fand, daß in einem Zeitraum von 33 Jahren der Blitz 386 Thürme getroffen und 121 Glöckner mehr oder weniger schwer verletzt habe. Die Berührung eines Glockenseils während eines Gewitters ist sicher noch gefährlicher, als der Aufenthalt unter hohen Bäumen. In der Nacht vom 14. zum 15. April 1718 wurden in der Bretagne allein 24 Kirchthürme vom Blitz getroffen. Trotz dessen kamen die Bretonen nicht von ihrem Aberglauben zurück: „es war ja der Charfreitag, sagten sie, wo man die Glocken nicht läuten darf; die Glöckner sind wegen dieses Frevels gestraft worden.“ Schon im Jahre 1784 verbot der Baillif von Langres das Läuten der Glocken während eines Gewitters; doch hat sich diese gefährliche Gewohnheit fast überall in Frankreich erhalten.

Folgende Blitzschläge sind durch die große Zahl der Opfer ausgezeichnet. Am 2. Juli 1717 schlug der Blitz während des Gottesdienstes in die Kirche von Seidenberg nahe bei Zittau und tödtete oder verwundete 48 Personen; am 11. Juli 1819 traf er die Kirche von Chateauneuf, als die Glocken geläutet wurden und eine zahlreiche Menge in der Kirche versammelt war, 9 Personen wurden sofort getödtet und 82 verwundet. Am 27. Juli 1769 schlug der Blitz in das Schauspielhaus zu Feltri, löschte alle Lichter aus, tödtete 6 und verwundete 70 Personen. Am 11. Juli 1857 tödtete der Blitz in der Kirche zu Groshead 6 Personen und verwundete 100 andere.

Bisweilen verharren Menschen und Thiere genau in der Stellung, welche sie einnahmen, als der Blitz sie traf. Am 16. Juli 1866 wurde eine junge Frau in Riccamarie neben der Wiege ihres Kindes vom Blitze erschlagen; man fand sie todt in knieender Stellung, das Gesicht in den Händen verborgen; das Kind war nur ganz leicht verletzt. Im Juli 1855 flüchteten sich während eines heftigen Gewitters 3 Männer unter eine Pappel, ein Vierter unter eine Weide. Dieser letztere wurde vom Blitze getödtet und blieb aufrecht stehen, während seine Kleider in Flammen standen. Der Pastor Butler in Everdon erzählt folgenden Fall. Am 27. Juli 1691 flüchteten sich 6 Schnitter beim Herannahen eines Gewitters unter eine Hecke, wo der Blitz vier von ihnen tödtete. Sie blieben unbeweglich,



Schnitter, vom Blitze erschlagen.

Digitized by Google

Digitized by Google

als wären sie versteinert; der eine hielt noch eine Prise Schnupftaback zwischen den Fingern, ein anderer hatte einen gleichfalls getödteten Hund auf dem Schooße und hielt in der einen Hand ein Stück Brod, ein dritter saß todt da mit offenen Augen. In ähnlicher Weise verharrten 8 unter einer Eiche vom Blitz getödtete Schnitter wie versteinert in derselben Lage; der eine hielt ein Glas, der andere ein Stück Brod in der Hand, bei einigen war die Haut so geschwärzt, als hätten sie längere Zeit inmitten eines starken Rauches verweilt. Umgekehrt finden sich Beispiele, wo die Getroffenen weit von der Stelle des Unfalls weggeschleudert wurden. So traf der Blitz am 8. Juli 1839 zwei Arbeiter, tödtete den einen und warf ihn 70 Fuß weit fort; ein Arzt wurde bei Chantilly 25 Schritte weit von der Stelle, wo der Blitz ihn traf, fortgeschleudert.

Gewöhnlich stürzt der Getroffene sofort zu Boden ohne zu zucken. Durch viele Beobachtungen ist jetzt festgestellt, daß die vom Blitze Getroffenen und Betäubten nichts gesehen, gehört und gefühlt haben. Wenn sie wieder zu sich kommen, so wissen sie nichts von dem, was mit ihnen vorgegangen ist. Auge und Ohr werden durch die elektrische Entladung gelähmt, bevor das Licht oder gar der Schall einen Eindruck hervorgerufen hat. Bisweilen bleiben die Glieder der Getödteten geschmeidig, wie im Leben, in anderen Fällen sind sie starr wie Eisen und verharren in diesem Zustande. Die Leiche eines am 30. Juni 1854 getödteten Mannes war so steif, daß sich kein Glied biegen ließ, und bewahrte diese Starre noch 44 Stunden nach dem Tode. Bisweilen geht die Leiche so schnell in Verwesung über, daß sie in wenigen Stunden zerfällt und man wegen des unerträglichen Geruchs Mühe hat, den Körper in den Sarg zu legen.

Höchst merkwürdig ist der Umstand, daß man bisweilen die Bilder entfernter Gegenstände auf den Körpern der Getroffenen wie Photographieen abgedrückt findet. Auf der Stirn des obenerwähnten Officiers, welcher am 7. Mai 1869 im Lager von Chalons erschlagen wurde, fand sich ganz deutlich der Abdruck des eisernen Ringes, den der Blitz vorher getroffen und 23 Schritte weit weggeschleudert hatte; derselbe befand sich an der äußeren Zeltwand und war sicher 10 Centimeter von dem Kopfe des Verunglückten entfernt. Wahrscheinlich wurde hier glühendes Eisenpulver vom Blitze mit fortgerissen und bis auf die Stirn des Opfers getrieben. Am 29. Mai 1868 brach über Chambery ein starkes Gewitter los, als gerade eine Abtheilung Soldaten Schießübungen anstellte. Einige Soldaten flüchteten unter die Bäume, welche am Wege standen, und hier wurden 6 vom Blitz erschlagen. Zwei Stunden nach dem Ereigniß untersuchte der Arzt des Hospitals die Leichen und fand auf der einen photographische Bilder. Auf dem rechten Arm waren drei Blätterbüschel in tiefem Violett abgedruckt und zum Theil in den kleinsten Details wiedergegeben; der eine Abdruck stellte einen Zweig mit Kastanienblättern mit photographischer Treue dar. Im März 1867

wurden drei Kinder, die sich unter einen Baum geflüchtet hatten, durch einen neben ihnen einschlagenden Blitz erschreckt, aber nicht verletzt; das eine trug auf der einen Seite das getreue Bild eines Zweiges, an dem man nicht nur die Blätter, sondern auch die Blattrippen deutlich erkennen konnte. In ähnlicher Weise fanden sich auf dem Körper eines Reisenden, welcher am 27. Juni 1866 unter einer Linde vom Blitze getroffen, aber nicht getödtet wurde, deutliche Abdrücke von Lindenblättern, so daß der geschickteste Zeichner sie nicht besser hätte darstellen können. Am 18. Juli 1689 schlug der Blitz in die Kirche von Lagny und reproducirte auf der Altardecke die Einsetzungsworte des Abendmahls mit Ausnahme der Worte „hoc est corpus meum et hic est sanguis meus". Das Buch, welches diese Worte enthielt, hatte aufgeschlagen auf dem Altar gestanden und war von dem Blitz umgekehrt auf die Decke gestürzt worden, wo die Worte von rechts nach links abgedruckt wurden. Das Factum erregte ungeheures Aufsehen und wurde als Wunder betrachtet. Nicht selten sind die Fälle, wo der Blitz Metallstäubchen fortführt und auf anderen Metallen ablagert, so daß er gewissermaßen eine galvanoplastische Wirkung hervorbringt. Am 25. Juli 1868 schlug der Blitz in Nantes neben einem Manne in den Boden, ohne ihn zu verletzen. Er trug in seinem Portemonnaie ein Goldstück, welches von dem Silbergelde durch eine lederne Scheidewand getrennt war; am folgenden Tage fand er zu seinem Erstaunen die ganze Oberfläche des Goldstücks mit Silber überzogen, und bei näherer Untersuchung zeigte sich, daß ein Frankenstück an mehreren Stellen beschädigt war und das Material zu dem Silberüberzuge geliefert hatte. Am 4. Juni 1797 schlug der Blitz in den Kirchthurm von Philippshofen in Böhmen, riß das Gold von dem Zifferblatte der Uhr und überzog damit die Bleieinfassung der Fensterscheiben.

Als Fälle, wo der Blitz eine gewaltige mechanische Kraft entfaltete, führen wir folgende an. Im Schlosse von Clermont befindet sich eine berühmte 10 Fuß dicke Mauer, welche aus der Römerzeit stammen soll und deren Mörtel hart wie Stein ist. In dieselbe schlug der Blitz und bohrte ein Loch von 2 Fuß Breite und Tiefe, wobei er Steine und Mörtel 50 Fuß weit wegschleuderte. Am 1. Juli 1866 brach der Blitz einen $1^1/_2$ Fuß dicken Eichenstamm in $^2/_3$ der Höhe ab und zerschmetterte den Stumpf zu Splittern, welche 150 Fuß weit umhergestreut wurden. Am 14. Mai 1864 spaltete er bei Montigny eine Pappel von oben bis unten; die eine Hälfte blieb unversehrt stehen, die andere wurde zu Spähnen gehackt und diese bis zu 300 Fuß Entfernung fortgerissen. Sie waren so trocken, als beständen sie aus Hanf und nicht aus Holz. Eine viel bewunderte Tanne bei Plymouth, die 100 Fuß hoch und 4 Fuß dick war, verschwand vollständig, als sie im März 1818 vom Blitze getroffen wurde, einzelne Bruchstücke wurden 250 Fuß von ihrem Standpunkte entfernt gefunden. Am 3. August

Schiff, vom Blitze gespalten.

Digitized by Google

1852 wurde das englische Schiff „der Moses" nahe bei Malta von einem schrecklichen Gewitter überfallen. Gegen Mitternacht schlug der Blitz in den großen Mast, fuhr an demselben herab und zerschmetterte das Schiff selbst, so daß es fast augenblicklich sank. Mannschaft und Passagiere ertranken und nur der Capitain, dem es gelang, ein schwimmendes Stück Holz zu erreichen, auf dem er 24 Stunden lang umhertrieb, kam mit dem Leben davon.

Eine sonderbare hin und wieder beobachtete, aber noch nicht genügend studirte Erscheinung ist die von kugelförmigen Blitzen, wovon mehrere wohlbeglaubigte Fälle vorliegen. Im Jahre 1826 befand sich der Dr. Steinmann in einem Hause zu Altona, als der Blitz in dasselbe schlug. In diesem Augenblicke wurde auf dem Fußboden des Zimmers eine feurige Masse sichtbar, welche in Gestalt eines eirunden Balles von der Größe eines Hühnereies nahe an der Mauer längs der Vertäfelung hinlief, welche mit Firniß überzogen war. Mit der Schnelligkeit einer Maus eilte der Feuerball auf die Thüre zu, sprang dort unter neuem Krachen auf das Geländer der Treppe, die in das Erdgeschoß führte, und verschwand, wie er gekommen war, ohne eine Spur von Zerstörung zurückzulassen. Butti berichtet folgenden Fall: „Im Juni 1841 bewohnte ich ein Zimmer des zweiten Stockes in einem Gasthofe zu Mailand. Um 6 Uhr fiel der Regen in Strömen herab und die dunkelsten Zimmer wurden durch die Blitze so hell wie durch Gasflammen erleuchtet, der Donner ertönte mit entsetzlichem Krachen. Plötzlich hörte ich auf der Straße die Leute rufen Guarda, guarda (seht, seht), und gleichzeitig ein Geräusch, wie von einigen mit Nägeln beschlagenen Schuhen. Als ich an das Fenster eilte, erblickte ich eine feurige Kugel, welche sich mitten in der Straße in der Höhe meines Fensters in etwas schiefer aufsteigender Richtung vorwärts bewegte. Die Leute folgten dem Meteor die Straße entlang etwa in dem Geschwindschritte der Soldaten. Das Meteor erreichte etwa in drei Minuten die Höhe des Kirchthurms, worauf es unter einem Krachen verschwand, ähnlich der Entladung eines Sechsunddreißigpfünders, wenn diese in einer Entfernung von $1^1/_2$ Meilen gehört wird."

Am 2. Juni 1843 fuhr ein kugelförmiger Blitz in ein Haus der Straße St. Jacques in Paris, wo ein Schneider bei seiner Mahlzeit saß. Nach einem sehr heftigen Donnerschlage sah dieser letztere den mit Papier beklebten Rahmen, welcher den Kamin verschloß, fallen, als wäre er durch einen mäßigen Windstoß umgeworfen worden, und eine feurige Kugel von der Größe eines Kinderkopfes aus dem Kamin ganz langsam hervorkommen und in geringer Höhe über den Ziegelsteinen des Fußbodens durch das Zimmer hinziehen. Sie schien mehr glänzend als heiß zu sein, auch hatte der Schneider, dem sie ganz nahe kam, kein Gefühl von Wärme. Nachdem sie verschiedene Bewegungen im Zimmer vollführt hatte, erhob sie sich, verlängerte sich etwas und richtete sich schief gegen ein Loch,

das etwa 3 Fuß über dem oberen Gesimse des Kamins angebracht war. Der Blitz konnte, wie der Schneider sich ausdrückte, das Loch nicht sehen, weil es durch darüber geklebtes Papier verdeckt war. Die feurige Kugel ging jedoch gerade auf dies Loch los, schälte das Papier, ohne es zu verletzen, ab und stieg langsam in dem Kamin empor. Als sie den Ausgang desselben erreicht hatte, erfolgte eine entsetzliche Explosion, welche einen Theil des Schornsteins zerstörte und die Trümmer in den Hof warf; die Bedachungen mehrerer kleiner Gebäude wurden eingeschlagen, doch geschah weiter kein Unfall. Am 10. September 1845 schlug

Kugelförmiger Blitz.

der Blitz während eines sehr heftigen Gewitters in ein Haus des Dorfes Salagnac. Gleichzeitig mit dem starken Donnerschlage kam eine leuchtende Kugel durch den Kamin herab in die Küche, in welcher sich ein junger Bauer, drei Frauen und ein Kind befanden. Sie rollte nahe bei den Füßen des ersteren vorüber, drang in ein Nebengemach und verschwand daselbst, ohne irgend eine Spur zu hinterlassen. In dem benachbarten Stalle war ein Ferkel erschlagen.

Diese Beispiele von kugelförmigen Blitzen sind vollkommen beglaubigt. Wahrscheinlich ist es, daß manche Blitze aus der Ferne gesehen als Kugeln erscheinen. So wurde am 2. Juli 1871 Flammarion vor dem Justizpalast zu Rouen von einem Blitze fast eingehüllt, der ihm aus dem Boden zu kommen schien und einen

Digitized by Google

der Blitzableiter des Gebäudes traf. Aus der Ferne sahen die Zuschauer eine feurige Kugel vom Boden gegen die Wolken fliegen.

Es mögen zum Schlusse einige statistische Bemerkungen folgen, welche sich auf die Verbreitung der Gewitter über die Erdoberfläche, ihre Vertheilung auf die einzelnen Jahreszeiten, sowie auf die durch den Blitz angerichteten Unglücksfälle beziehen.

Da das Gewitter eine Bethätigung der atmosphärischen Elektricität ist und diese letztere vorzugsweise durch die Condensation des Wasserdampfes entbunden wird, so müssen die Gewitter offenbar in denjenigen Gegenden, wo die stärkste Verdunstung und Condensation stattfindet, d. h. in der Tropenzone, am häufigsten sein und ihre Zahl und Intensität muß vom Aequator nach den Polen hin abnehmen. In der heißen Zone treten sie mit beispielloser Heftigkeit auf, von der man sich in unseren gemäßigten Breiten nur schwer einen Begriff machen kann. In der Calmenzone tritt fast täglich um dieselbe Tageszeit ein Gewitter ein, so daß man diese Zone auch die Region der Gewitter nennen könnte. Fast immer begleiten sie die gewaltigen Zuckungen der Atmosphäre, welche wir als Wirbelstürme kennen gelernt haben. Die Cyklonen, Orkane, Teifune entfesseln im höchsten Grade die Eelektricität und schleudern auf ihrem Wege nach allen Seiten Blitz und Donner. Oft sind die Gewitter in unseren Breiten nur die Folgen von Wirbelstürmen, die über dem atlantischen Ocean rasten, und halten alsdann die Richtung von Südwest nach Nordost ein. Je mehr man sich den Polargegenden nähert, um so mehr nimmt die Zahl der Gewitter ab. So zählt man in Calcutta jährlich 60 Gewittertage, in Maryland 40, in Quebec 20, in Toulon 15, in Paris 12, in London und Petersburg 9; auf Spitzbergen kennt man kein Gewitter. Uebrigens giebt es hier Ausnahmen, gerade wie die Abnahme der Wärme vom Aequator zum Pol nicht gleichmäßig ist. So scheint es in Lima niemals zu donnern, obschon diese Stadt innerhalb der Wendekreise liegt, und umgekehrt zählt man in Bergen in Norwegen eben so viele Gewitter wie in Paris.

In unseren Breiten finden die meisten Gewitter im Sommer statt. Für das ganze westliche Europa kommen von 100 Gewittern 53 auf den Sommer, 21 auf den Herbst, 18 auf den Frühling und 8 auf den Winter. Im Binnenlande stellt sich das Verhältniß anders, als für die Küste. Im mittleren Deutschland kommen von 100 Gewittern 78 auf den Sommer, 16 auf den Frühling, 5 auf den Herbst und 1 auf den Winter; an der Ostseeküste dagegen kommen auf den Sommer 62, auf den Frühling 23, auf den Herbst 13 und auf den Winter 2 Gewitter. Weiter nach Norden hin, wo die tief einschneidenden Fjorde, die zahlreichen Halbinseln, die Meeresströmungen und die schwimmenden Eisberge auf die Bildung und den Zug der Gewitterwolken störend einwirken mögen, kehrt sich das Verhält-

niß um; so finden in Bergen im Winter mehr Gewitter, als im Sommer, sehr wenige im Herbst und fast gar keine im Frühling statt. Selbst in England treten die mit Hagelwetter verbundenen Gewitter öfter im Winter als im Sommer auf.

In Frankreich wird seit 1863 jedes Gewitter über die ganze Ausdehnung des Landes verfolgt; in allen Departements werden die Beobachtungen gesammelt und nach Paris gesendet, wo man Karten entwirft, welche ein genaues Bild über den Gang, die Geschwindigkeit und die Ausdehnung des Gewitters, sowie über den angerichteten Schaden geben. „Aus diesen Arbeiten, sagt Marie Davy, geht hervor, daß die Gewitter keineswegs locale Erscheinungen sind, für welche sie oft angesehen werden. Sie überziehen stets einen bedeutenden Theil Frankreichs und ziehen auf einer mehr oder weniger breiten Linie hin, die oft 100 bis 150 Meilen lang ist. Ihrem Auftreten gehen gewisse atmosphärische Zustände vorher, so daß man ihr Erscheinen schon im voraus erkennen kann; sie begleiten stets die wirbelnde Bewegung der Luft."

Indessen bilden sich auch sehr oft locale Gewitter über dem Festlande. Dieselben verbreiten sich nur über beschränkte Gebiete und haben ihren Sitz in Wolken, welche in geringerer Höhe schweben, den Einflüssen der Bodengestaltung unterworfen sind, an Bergspitzen festhängen oder dem Zuge der Flüsse und Thäler folgen, denen sie den Hagel in reichem Maße zusenden.

Fragen wir nach der Zahl der Todesfälle, welche alljährlich durch das Gewitter verursacht werden, so finden wir dieselbe ziemlich beträchtlich. Nach den statistischen Aufzeichnungen wurden in Frankreich von 1835 bis 1869, also in 35 Jahren, 3074 Personen durch den Blitz erschlagen, was für das Jahr durchschnittlich 87 solcher Unglücksfälle ergiebt. Allein hierbei sind nur die Fälle in Betracht gezogen, wo der Tod die augenblickliche Folge des Blitzschlages war; wollte man auch die vom Blitze Verwundeten berücksichtigen, so würde man zu weit größeren Zahlen gelangen. Nimmt man an, was wohl noch hinter der Wahrheit zurückbleibt, daß etwa doppelt so viel Personen vom Blitze verwundet, als sofort getödtet werden, so ergiebt sich, daß in diesen 35 Jahren in runder Zahl 10,000 Personen vom Blitze getroffen wurden, d. h. durchschnittlich 285 in jedem Jahre. Berechnen wir nach diesem Verhältniß die Zahl der vom Blitz Getödteten und Verwundeten für die ganze Menschheit, so finden wir, daß jährlich etwa 3200 Personen auf der ganzen Erde getödtet und 9600 überhaupt vom Blitze getroffen werden.

Aus den statistischen Ermittelungen geht hervor, daß die beiden Geschlechter nicht in gleichem Maße vom Blitze getroffen werden. Von den 1630 Personen, welche von 1854 bis 1869 in Frankreich erschlagen wurden, gehören 1160 dem männlichen und 470 dem weiblichen Geschlechte an, d. h. es wurden mehr als

doppelt so viel Männer als Frauen vom Blitz erschlagen. Unter 100 Getödteten befinden sich 79 Männer und 21 Frauen. Die in andern Ländern gesammelten Beobachtungen führen zu einem ähnlichen Resultat. Woher rührt diese galante Rücksicht, die der Blitz auf das schwache Geschlecht nimmt?

Der Grund für diesen Unterschied liegt wohl vorzugsweise darin, daß die meisten dieser Unglücksfälle sich im Freien und zwar zur Zeit der Erndte ereignen, wo unverhältnißmäßig mehr Männer als Frauen auf den Feldern beschäftigt sind, wie ja überhaupt die Frau durch ihre Beschäftigung mehr an das Haus gebunden ist, als der Mann. Indessen hat man fast immer beobachtet, daß wenn der Blitz in eine Gruppe schlägt, in welcher beide Geschlechter gleich stark vertreten sind, vorzugsweise die Männer getroffen werden. Vielleicht sind dieselben wegen ihres höheren Wuchses mehr gefährdet, möglicherweise schützt die weibliche Kleidung mehr, als die männliche, vielleicht ist auch der Körper des Mannes besser leitend, als der der Frau. Kinder werden selten getödtet und man hat viele Beispiele, wo sie vom Blitze getroffen wurden, ohne die geringste Verletzung davonzutragen. So riß im September 1867 der Blitz ein kleines Kind aus dem Arm eines jungen Mädchens und schleuderte es unter ein Bett, ohne es zu verletzen.

Man hat gefunden, daß der Blitz eine Art Vorliebe für einzelne Häuser, andere Gegenstände und selbst für gewisse Personen zu haben scheint. So berichtet unter anderen die Lothringer Zeitung vom Jahre 1782 folgenden Fall. „Am Donnerstag den 22. August gegen Mitternacht schlug der Blitz in die Caserne auf der Insel Chambiere bei Metz. Nachdem er die Mauer eines Pferdestalls durchschlagen hatte, sprang er auf ein Fenster der ersten Etage, zertrümmerte den Holzrahmen, zerbrach die Scheiben und schmolz die Bleifassung derselben. Indem er nun einem Eisendraht folgte, gelangte er zu dem Steingesimse des benachbarten Fensters, zerschlug den Stein und drang in die zweite Etage, wo er ähnliche Verwüstungen anrichtete, wie in der ersten. Nun sprang der Blitz auf das Dach, riß die Ecken der Ziegeln in einer Länge von 2 Fuß weg, sprang auf die andere Seite des Daches über, wo er auf einer Fläche von 2 Quadratmetern die Ziegeln zertrümmerte, fuhr in das Rohr eines benachbarten Kamins, drang in das Zimmer eines Officiers, warf die Feuerzange weit weg, streute die Asche bis mitten in das Zimmer und verschwand durch den Kamin. Merkwürdigerweise hatte der Blitz am 27. Mai 1766 in dasselbe Zimmer geschlagen.“ Am 10. September 1841 fuhr der Blitz in dasselbe Zimmer, in welchem 25 Jahre früher der Dichter Beranger beinahe vom Blitze getödtet worden war. Am 29. Juni 1763 schlug der Blitz während eines heftigen Gewitters in den Thurm zu Antrasme, drang in die Kirche ein, schmolz oder schwärzte die Vergoldungen der Rahmen und Einfassungen einiger Nischen, hinterließ die in einem kleinen Schranke stehenden Meßkannen ganz geschwärzt, und bohrte endlich in den marmorartig an-

gestrichenen, in einer Nische aus Tuffstein befindlichen Credenztisch zwei tiefe Löcher, so gleichförmig, als wenn sie mit einem Bohrer gemacht wären. Alle diese Beschädigungen wurden ausgebessert; als nun am 20. Juni 1764 der Blitz in denselben Thurm schlug, drang er ebenfalls in die Kirche ein, schwärzte dieselben Vergoldungen, schmolz, was er damals geschmolzen hatte, und entfernte die Ausfüllungen aus den beiden verstopften und überstrichenen Löchern.

Von 12 mehrmals vom Blitze getroffenen Schiffen, über welche Meriam berichtet, heben wir folgende hervor. Im Jahre 1845 wurde „der Sachse" in 10 Tagen zwei mal, 1861 le Radiant in 14 Tagen zwei mal, 1853 der Massachusetts zwei mal in einer Stunde, 1853 die Louise sechs mal in einer Stunde vom Blitze getroffen. In den West-Point schlug der Blitz sogar sieben mal in 30 Minuten und tödtete 2 Matrosen.

Auch einzelne Menschen scheinen das unangenehme Vorrecht zu besitzen, den Blitz auf sich zu ziehen. So wurde ein gewisser Bosco in Turin drei mal getroffen und zwar in verschiedenen Wohnungen. Eine amerikanische Dame, Mrs. Hain, wurde im Jahre 1810 und 1855 beide Male am linken Fuße vom Blitze verwundet. Der Abbé Richard berichtet, daß eine Dame, welche ein hochgelegenes Schloß in der Bourgogne bewohnte, den Blitz mehrere Male in ihr Zimmer dringen sah. Er theilte sich in Funken von verschiedener Größe, welche auf ihre Kleider sprühten, ohne dieselben zu versengen, aber auf den Armen und Beinen blaue Flecke zurückließen. „Obwohl der Blitz oft in mein Schloß eindringt, sagte sie, hat er mich doch nur einige Male gepeitscht!" Arago meint, daß unter sonst gleichen Umständen die eine Person mehr Gefahr laufe als die andere in Folge der Verschiedenheit der Constitution.

Es hat sich ferner herausgestellt, daß die Menschen weniger vom Blitze gefährdet sind, als die Thiere, wie aus den folgenden Beispielen hervorgeht. Im Jahre 1715 schlug der Blitz in die Abtei von Noirmoutiers bei Tours und tödtete daselbst 22 Pferde, ohne einen der 150 Mönche zu verletzen, obschon er in das Refectorium eindrang. Am 12. April 1781 traf der Blitz drei Reiter, tödtete alle Pferde, aber nur einen Mann. 1805 erschlug der Blitz bei Chartres ein Pferd und ein Maulthier, ohne den die Thiere führenden Menschen zu verletzen. 1810 wurde ein Hund unmittelbar neben seinem Herrn erschlagen, der letztere blieb unversehrt. Am 26. September 1820 traf der Blitz bei St. Menehould einen Wagen und tödtete beide Pferde, während der Fuhrmann mit einer vorübergehenden Taubheit davon kam. 1826 wurde ein Pferd in Worcester erschlagen, der Knabe, der dasselbe am Zügel führte, blieb unverletzt. Am 1. Juni 1855 schlug der Blitz in eine Schafheerde, tödtete 78 Schafe und 2 Hunde, während die Frau, welche die Heerde hütete, nur leicht verletzt wurde. Am 13. August 1852 traf der Blitz einen Pächter, welcher 4 Ochsen führte; zwei der Thiere

wurden sofort getödtet, ein drittes gelähmt, während der Mann nur eine leichte Verletzung am Fuße davon trug. Am 2. Februar 1859 schlug der Blitz in eine Heerde von Schweinen, von denen 140 auf der Stelle getödtet wurden, die Treiber blieben gänzlich unverletzt. Es ließen sich noch viele ähnliche Fälle anführen, in denen Thiere getödtet wurden, während die in unmittelbarer Nähe befindlichen Menschen entweder gar nicht getroffen oder doch nur leicht verletzt wurden. Wie arg der Blitz unter einer Heerde wüthen kann, zeigt der folgende Fall. Am 11. Mai 1865 befand sich der Schäfer Wera mit seiner Heerde auf dem Felde, als ein herannahendes Gewitter ihn zum Heimtreiben bewog. Als er auf der Höhe von Vieux-Sorts angekommen war, wo der Weg sehr eng ist, drängten sich die Schafe in zwei Haufen zusammen, drückten die Köpfe gegen einander und waren nicht von der Stelle zu bringen. Wera suchte Schutz hinter einem Strauche, als ein furchtbarer Schlag erfolgte. Der Schäfer war mit seiner ganzen Heerde erschlagen worden. Der Blitz hatte ihn am Kopfe getroffen, die Haare des Hinterkopfes vollständig weggerissen, und auf Stirn, Gesicht und Brust einen blauen Streifen hinterlassen. Der Körper war vollständig nackt, alle Kleider in kleine Fetzen gerissen. Die eiserne Spitze des Hirtenstockes war 5 Schritte weit weggeschleudert, der Stock selbst zerbrochen. Von den 152 Schafen, aus denen die Heerde bestand, waren 126 getödtet worden, die Körper waren mit Blut bedeckt und zum Theil arg verstümmelt. Bei einigen war der Kopf glatt weggeschlagen, bei anderen zerschmettert, vielen waren die Beine gebrochen. Der Hund war spurlos verschwunden.

Auch für gewisse Bäume scheint der Blitz eine Vorliebe zu haben. Die Alten glaubten, daß der Lorbeer niemals vom Blitze getroffen werde, und Tiberius setzte deshalb, nach Suetons Versicherung, beim Herannahen eines Gewitters stets einen Lorbeerkranz auf das Haupt. Bei uns hat man bis auf die neueste Zeit der Buche eine ähnliche Eigenschaft zugeschrieben, indem man sie als gänzlich unzugänglich für den Blitz betrachtet. Es ist dies nur in beschränktem Maße richtig, wie sich aus folgender Zusammenstellung ergiebt. Flammarion hat 162 Blitzschläge verzeichnet, welche Bäume trafen; dieselben vertheilten sich folgendermaßen. Unter den getroffenen befinden sich 54 Eichen, 24 Pappeln, 14 Ulmen, 11 Nußbäume, 10 Tannen, 7 Weiden, 6 Fichten, 6 Buchen, 5 Eschen, 4 Birnbäume, 4 Kirschbäume, 3 Kastanien, 2 Linden, 2 Apfelbäume und je eine Eberesche, Maulbeerbaum, Erle, Akazie, Feigenbaum, Orangenbaum und Oelbaum. Birke und Ahorn kommen nicht in dem Verzeichniß vor, doch sind Fälle bekannt, wo der Blitz in derartige Bäume schlug. Man sieht aus den Zahlen, daß die Häufigkeit des Einschlagens keineswegs von der Höhe allein abhängt. Denn weswegen sollten Birken und Ahorn, die häufig genug vorkommen, fast ganz verschont bleiben, während Apfel- und Kirschbäume, die nicht höher sind, öfters getroffen werden?

Allerdings spielt die Höhe eine Rolle, und wenn mehrere Bäume in der Ebene neben einander stehen, so werden vorzugsweise die höchsten getroffen, wie zahlreiche Beispiele zeigen. Allein sicherlich üben die Form der Blätter sowie die Verzweigung der Wurzeln ebenfalls einen Einfluß aus, und der Blitz scheint vorzugsweise solche Bäume aufzusuchen, deren Wurzeln sich weit und tief im Boden verzweigen.

---

## Drittes Capitel.

# Das St. Elmsfeuer — die Irrlichter.

Das St. Elmsfeuer ist keine gewaltsame, sondern eine ruhige Bethätigung der Elektricität, ein leises Ausstrahlen, welches die Spitzen der Blitzableiter, der Gebäude und der Masten während eines Gewitters in ruhigem Lichte erglänzen läßt, wenn die Spannung zwischen den Elektricitäten der Erde und der Wolken sehr bedeutend ist. Den ältesten Bericht über diese Erscheinung finden wir in den Commentaren des Cäsar, wo erzählt wird, daß in einer stürmischen Nacht, in welcher viel Hagel fiel, die Speere der fünften Legion feurig erschienen. Seneca berichtet, daß bei heftigen Gewittern sich Sterne auf die Segel der Schiffe niederließen, und fügt hinzu, die Seeleute glaubten, daß Castor und Pollux, die Schutzgötter der Seefahrer, ihnen in der Gefahr zu Hülfe kämen. Plutarch erzählt, daß in dem Augenblicke, wo die Flotte des Lysander den Hafen von Lampsakus verließ, um die atheniensische Flotte anzugreifen, die zwei Feuer des Castor und Pollux auf beiden Seiten des lacedämonischen Admiralschiffes erschienen seien.

Die Lichterscheinungen auf den Masten, Raaen und dem Tauwerk der Schiffe wurden im Alterthum als Vorbedeutungen betrachtet und deswegen auch mit großer Sorgfalt beobachtet und gewissenhaft in den Geschichtsbüchern verzeichnet. Eine einzige Flamme wurde als drohendes Vorzeichen angesehen und mit dem Namen Helena bezeichnet, zwei Flammen dagegen deuteten auf gutes Wetter und günstige Fahrt und trugen die Namen der beiden Dioskuren. Gewöhnlich nimmt man an, daß der Name Elmsfeuer aus Helenasfeuer corrumpirt sei, also aus dem Alterthum stamme. Nach einer andern Erklärung lautet der Name ursprünglich Erasmus- (Ermus-) Feuer, und die Lichterscheinung galt als eine Bethätigung des heiligen Erasmus, den die italienischen Schiffer als ihren Schutzpatron verehrten.

Wie noch zur Zeit des Columbus die Seefahrer diese Erscheinung mit abergläubischer Furcht betrachteten, geht aus den Berichten des jüngeren Columbus hervor. „In der Nacht vom Sonnabend (October 1493 auf der zweiten Reise des Columbus) donnerte und regnete es sehr stark. St. Elm zeigte sich dann auf der Oberbramstenge mit sieben angezündeten Kerzen, d. h. man bemerkte jene Feuer, welche die Matrosen für den Körper des Heiligen halten. Sogleich hörte man auf dem Schiffe eifrig Litaneien singen und Gebete sprechen, denn die Seeleute sind fest überzeugt, daß die Gefahr des Sturmes verschwunden ist, sobald St. Elm erscheint." Herrera berichtet, daß die Matrosen Magelhaens demselben Aberglauben anhingen. „Während der großen Ungewitter, erzählt er, zeigte sich St. Elm auf der Spitze der Oberbramstenge bald mit einer, bald mit zwei angezündeten Kerzen. Jubelgeschrei und Freudenthränen begrüßten sein Erscheinen."

Wenn auch der Glaube an die Glück oder Unglück verheißende Vorbedeutung des Elmsfeuers allmählig erlosch, so wurde doch seine wahre Natur erst sehr spät erkannt; noch am Ende des 17. Jahrhunderts hielt man diese Erscheinung für etwas Körperliches, welches man von einer Stelle zur andern tragen könne. So berichtet Forbin über ein außergewöhnlich ausgedehntes Elmsfeuer: „Während der Nacht (im Jahre 1696, auf der Höhe der Balearen) entstand plötzlich ein sehr heftiges, von fürchterlichem Blitz und Donner begleitetes Unwetter. Da wir einen großen Sturm befürchteten, ließ ich alle Segel einziehen. Wir sahen auf dem Schiffe mehr als 30 St. Elmsfeuer. Eines unter ihnen, auf der Spitze der Windfahne des großen Mastes, hatte mehr als $1\frac{1}{2}$ Fuß Höhe. Ich schickte einen Matrosen hinauf, um es herunter zu holen. Als dieser oben angekommen war, rief er, das Feuer mache ein Geräusch, wie wenn man angefeuchtetes Pulver anzünde. Ich befahl ihm, die Fahne abzunehmen und zu bringen. Aber kaum hatte er sie von ihrem Platze hinweggenommen, so verließ das Feuer die Fahne, setzte sich auf das Ende des Mastes und konnte auf keine Weise von diesem entfernt werden. Es blieb ziemlich lange an dieser Stelle, bis es sich nach und nach verzehrte."

Am häufigsten wird das Elmsfeuer auf den Schiffen beobachtet, entweder weil auf der weiten Wasserfläche das Schiff der einzige höher hervorragende Gegenstand ist, oder weil der Seemann auch während der Nacht die Masten und Segel fortwährend im Auge behält und deshalb die Erscheinung sofort wahrnimmt, wogegen auf dem Lande manches Elmsfeuer unbeachtet bleiben mag. Ein sehr ausgedehntes Elmsfeuer wurde am 23. December 1869 an Bord des französischen Packetbootes „Kaiserin Eugenie" beobachtet. Das Schiffsjournal bemerkt darüber: „Am Abend stellen sich sehr heftige Böen ein; lebhafte und häufige Blitze durchzucken die Luft auf allen Seiten, ohne daß sich Donner hören läßt. In der Nacht werden diese Böen von reichlichem Hagel begleitet, und wenn sie über das Schiff

hinziehen, rufen sie das unter dem Namen Elmsfeuer bekannte Phänomen hervor. Weiße leuchtende Büschel in der Höhe von $1\frac{1}{2}$ Fuß zeigen sich an den Spitzen der Blitzableiter aller Masten. Die Stengen und die Takellage scheinen zu phosphoresciren und auch die Enden der Raaen leuchten, wenn auch weniger stark, als die Mastspitzen. Die Flammen zeigen sich jedesmal, wenn die Bö das Schiff erreicht; sie sind sehr glänzend, so lange der Wind mit voller Kraft weht, und verlöschen mit dem Abziehen der Bö. Nur diejenigen Theile des Mastwerks und

St. Elmsfeuer auf der Spitze der Notre-Dame Kirche.

der Takellage, welche direct den Windstoß empfangen, zeigen diese leuchtende Erscheinung und sehen aus, als wären sie mit Phosphor gerieben; dagegen erscheint das Phänomen nicht an den gedeckten Stellen, auch wenn sie nur wenig geschützt sind, und erstreckt sich nicht bis unter die Marsraa. Die Erscheinung wiederholte sich mehrere Male in der Nacht, immer aber nur während der von Hagel begleiteten Böen."

Auch auf den Spitzen von Kirchthürmen erscheint das St. Elmsfeuer bisweilen. Am 2. März 1869 wurde es auf der Kirche von Fierbois im Arrondissement von Chinon wahrgenommen. Der Donner ließ sich während des Gewitters nicht ver-

Digitized by Google

nehmen, der Thurm entlud die elektrischen Wolken. „Gegen Ende des Unwetters, berichtet ein Augenzeuge, als der Wind nachließ und der Regen weniger reichlich fiel, bemerkten mehrere Personen eine feurige Krone rund um das Kreuz, welches den etwa 40 Meter hohen Thurm überragt. Die Erscheinung hielt länger als 5 Minuten an und war so glänzend, daß der Thurm und das Kreuz wie am hellen Tage sichtbar waren; allmählig nahm die Flamme an Glanz ab und erlosch wie eine Kerze, die sich nach und nach verzehrt.“ Auf dem Pfeil der Notre-Dame-Kirche zu Paris hat man diese elektrischen Lichtbüschel bei heftigen Gewittern des Abends öfters wahrgenommen.

Bisweilen zeigt sich das Elmsfeuer sogar am Menschen selbst, auf den Kleidern oder auf den Gegenständen, welche er trägt. Außer der oben angeführten von Cäsar berichteten Lichterscheinung auf den Spitzen der Lanzen finden wir in den alten Schriftstellern noch mehrere ähnliche Fälle berichtet. So erzählt Plutarch, daß in Sicilien die Lanzenspitzen der Soldaten und in Sardinien ein Stock in der Hand eines Reiters feurig erschienen seien. Livius erzählt, daß der Speer, mit welchem Lucius Atreus seinen jüngst unter die Soldaten eingereihten Sohn bewaffnet hatte, längere Zeit hindurch Flammen sprühte, ohne zu verbrennen. Plinius sah selbst ähnliche Lichtschimmer an den Lanzenspitzen der Soldaten, welche des Nachts auf den Wällen Wache hielten, und Procop berichtet, daß sich im Kriege gegen die Vandalen eine ähnliche Erscheinung auf den Lanzen von Belisars Soldaten gezeigt habe. In den Aufzeichnungen des Fynes Morison liest man, daß am 23. December 1601 bei der Belagerung von Kingsale die auf Posten befindlichen Reiter, während der Himmel von Blitzen ohne Donner durchzuckt wurde, auf den Spitzen ihrer Lanzen und Degen „Lampen brennen“ sahen. Am 8. Mai 1831 verkündete in Algier das Aussehen der Atmosphäre ein heftiges Gewitter; an den Enden der Flaggenstangen zeigten sich weiße büschelförmige Lichter, welche eine halbe Stunde lang unbeweglich blieben. Einige Artillerie-Officiere spazierten auf der Terrasse des Forts Bab-Azoun; bei dem Betrachten seines Nachbars bemerkte jeder mit Erstaunen an den Spitzen der ganz gesträubten Haare kleine leuchtende Büschel. Wenn die Officiere die Hände in die Höhe hoben, so entstanden an den Fingerspitzen ebenfalls Lichtbüschel.

Meistens zeigt sich das Elmsfeuer in Gestalt von büschelförmigen Flammen, hin und wieder indessen hat man den ganzen Körper des Menschen gleichsam in Feuer stehen sehen. Peytier und Hossard sind in den Pyrenäen mehrere Male in den Herd von Gewittern hineingerathen, die von der Ebene aus gesehen so furchtbar erschienen, daß man die beiden für verloren hielt. Ihre Haare richteten sich empor und verbreiteten ein lebhaftes Licht, das von einem deutlichen Zischen begleitet war. Während des Gewitters, welches am 8. Januar 1839 in den Kirchthurm zu Hasselt einschlug, beobachteten Landleute von dem Deiche zwischen

Zwolle und Hasselt aus eine eigenthümliche Erscheinung. Wenige Augenblicke vor dem Blitz bemerkten sie, daß ihre Kleidungsstücke ganz in Flammen zu stehen schienen. Während sie sich vergeblich bemühten, dies Feuer wegzuschaffen, richteten sie ihre Blicke auf die umliegenden Gegenstände und sahen mit Schrecken, daß die Bäume in demselben Lichte schimmerten. Als der Blitzschlag erfolgte, verschwanden die Flammen sofort.

Das Ausstrahlen der Elektricität des Bodens gegen die Atmosphäre ist auf dem Gipfel hoher Berge bisweilen von einem eigenthümlichen Summen begleitet. Henri de Saussure befand sich am 22. Juni 1867 um 1 Uhr Mittags mit mehreren Begleitern auf dem Gipfel des 9400 Fuß hohen Sarlay in Graubündten. Ein Graupenhagel war gefallen und die Reisenden hatten gerade ihre Alpstöcke gegen einen Felsen gelehnt, um das Mittagsbrod zu verzehren, als Saussure im Rücken und in den Schultern einen sehr lebhaften Schmerz empfand, als würde eine Nadel langsam in das Fleisch getrieben. „In der Meinung, sagt er, daß eine Nadel in meinem Ueberwurf stecke, warf ich denselben ab; allein anstatt Linderung zu empfinden, spürte ich eine Zunahme der Schmerzen, die sich über den ganzen Rücken von einer Schulter zur andern verbreiteten. Sie waren aus einem eigenthümlichen Kriebeln und plötzlichen Stichen zusammengesetzt, als ob eine Wespe über meine Haut hinkröche und mich mit Stichen bedecke. Als ich eilig meinen Rock auszog, fand ich nichts, was mir hätte Schmerz verursachen können. Nun ging der Schmerz in ein anhaltendes Brennen über, und ich kam auf den Gedanken, mein Hemd habe Feuer gefangen. Ich wollte schon alle Kleider vom Leibe reißen, als unsere Aufmerksamkeit durch ein Geräusch in Anspruch genommen wurde, welches dem Summen der Hummeln glich. Es ging von unseren drei Stöcken aus, welche am Felsen lehnten und gerade so sangen wie ein Theekessel, in dem das Wasser fast bis zum Sieden erhitzt ist. Ich erkannte sofort, daß meine Schmerzen durch ein sehr kräftiges Ausströmen der Elektricität, welches hier auf dem Gipfel des Berges stattfand, hervorgerufen wurden. Bei einigen improvisirten Experimenten, welche wir mit den Stöcken vornahmen, gelang es uns nicht, einen Funken, oder überhaupt eine im Tageslicht wahrnehmbare Lichterscheinung zu erzielen. Sie zitterten in der Hand und ließen deutlich den summenden Ton hören, gleichviel, ob wir sie senkrecht oder wagerecht hielten. Der Himmel hatte sich ganz bezogen, obschon die Wolken ungleich vertheilt waren. Nach wenigen Minuten fühlte ich, wie sich die Haare des Kopfes und Bartes sträubten; ein junger Franzose, der mich begleitete, rief, daß er fühle, wie sich die Haare seines sprossenden Bärtchens aufrichteten und daß aus seinen Ohren eine starke elektrische Ausstrahlung stattfinde. Als ich die Hand in die Höhe hob, fühlte ich ebenfalls eine elektrische Ausstrahlung aus den Fingern. Kurz, die Elektricität strömte aus den Stöcken, den Kleidern, Fingern,

Ohren und allen vorspringenden Theilen des Körpers aus. Ein einziger starker Donnerschlag ließ sich fern im Westen hören. Wir verließen den Gipfel mit einiger Eile und stiegen mehrere Hundert Meter abwärts. In dem Maße, als wir tiefer herabkamen, nahm das Summen der Stöcke ab und wir machten Halt, als es so schwach geworden war, daß wir es nur vernehmen konnten, wenn wir den Stock an das Ohr hielten."

Derselbe Beobachter war Zeuge von einer ähnlichen elektrischen Ausstrahlung aus dem Gipfel eines Berges, als er vor einigen Jahren den Nevado bei Toluca in Mexiko besuchte. Doch trat die Erscheinung hier noch weit kräftiger auf, wie sich erwarten ließ, da der Berg in der Tropenzone liegt und 13,500 Fuß hoch ist.

Dies Ausströmen der Elektricität aus hervortretenden Felsen findet bisweilen auch dann statt, wenn die Wolken so tief ziehen, daß sie die Gipfel theilweise umhüllen; es verringert die elektrische Spannung und verhindert das Entstehen von Blitzen. Als Blackwell die Nacht zum 11. September 1854 auf den Grands-Mulets in der Höhe von 10,400 Fuß zubrachte, trat der Führer Couttet um 11 Uhr Abends aus der Hütte und sah die Bergspitzen hell leuchten. Er rief seine Reisegefährten und alle sahen, daß die felsigen Vorsprünge rund umher in Folge einer elektrischen Ausstrahlung wie entzündet erschienen. Ihre Kleider waren wie mit Funken besäet, und wenn sie die Arme hoben, so glänzten die Finger in phosphorartigem Lichte. Der Schnee beeinträchtigt diese Erscheinung nicht, wie aus dem folgenden Fall erhellt. Am 10. Juni 1863 bestieg Watson in Begleitung mehrerer anderer Touristen und Führer die Jungfrau. Der Morgen war sehr schön gewesen; als sie sich aber der Spitze näherten, traf sie ein scharfer Windstoß, begleitet von einem Hagelschauer. Ein furchtbarer Donnerschlag erschallte und gleich darauf vernahm Watson eine Art Zischen, welches von seinem Stocke ausging und dem Geräusche glich, das dem Kochen des Wassers vorangeht. Als man Halt machte, zeigte es sich, daß die Stöcke und Aexte, welche die Reisenden bei sich führten, einen ähnlichen Ton hören ließen. Als man diese Gegenstände mit dem einen Ende in den Schnee steckte, hielt dies Geräusch nichtsdestoweniger an. Da nahm einer der Führer seinen Hut ab und schrie, sein Haar brenne. In der That war dasselbe so gesträubt, wie wenn der Mann auf einem Isolirschemel stünde und den Conductor einer kräftigen Elektrisirmaschine berühre. Alle empfanden ein eigenthümliches Prickeln und ein brennendes Gefühl im Gesicht und an anderen Körpertheilen. Watsons Haare standen gerade aufrecht; der Schleier an dem Hute eines Andern richtete sich senkrecht auf, und man hörte ein Zischen, wenn man die Finger in die Höhe hob. Selbst der Schnee ließ einen eigenthümlichen Ton hören gleich dem Rauschen des Hagels. Trotz dessen zeigte sich keine Lichterscheinung, was sicherlich bei Nacht der Fall gewesen wäre.

Alle diese Erscheinungen werden einzig durch Entbindung von Elektricität hervorgerufen und dürfen nicht mit den sogenannten Irrlichtern verwechselt werden, die ihren Ursprung nicht der Elektricität verdanken. Es sind dies kleine Flämmchen, welche sich in Sümpfen, Mooren, auf Kirchhöfen, kurz an feuchten Orten zeigen, wo vegetabilische und animalische Stoffe der Verwesung und Fäulniß unterliegen. Die Existenz dieser Erscheinung ist öfters in Zweifel gezogen worden und jedenfalls tritt sie nur selten auf und ist noch seltener von Physikern beobachtet worden, trotz der vielen mährchenhaften Erzählungen, welche über die Irrwische verbreitet sind. Unter den zuverlässigen Beobachtungen dieser Erscheinung gehören die von Bessel, welcher am 2. December 1807 in einer trüben und windstillen Nacht auf einem Moore eine große Anzahl schwach leuchtender Flämmchen von bläulicher Farbe, ähnlich der Flamme des unreinen Wasserstoffs, sah. Einzelne verharrten ruhig an ihrem Platze, andere schienen sich horizontal fortzubewegen. Diese Bewegung beruht sicher auf Täuschung. Andere Ezählungen sprechen von Flämmchen, die eine kurze Zeit leuchten und bei deren Erlöschen sofort in der Nähe neue Irrlichter aufleuchten, was aus der Ferne den Anschein hervorbringt, als rückten die kleinen Flammen von der Stelle. Der Professor Knorr in Kiew beobachtete als Student bei einer nächtlichen Wanderung in einem Sumpfe ein matt glänzendes, ruhig leuchtendes Irrlicht neben einem Erlenbusch, welcher fast im Halbkreise gewachsen war, so daß das Licht wie in einer Nische stand. Es war etwa 5 Zoll hoch und maß $1^1/_2$ Zoll im Durchmesser; in der Mitte war es mattgelb und von schwachem Glanz, gegen die Ränder hin violettlich und verlor sich in dem dunklen Raume ohne scharfe Begrenzung. Knorr hielt die Spitze seines mit Messing beschlagenen Stockes wohl eine Viertelstunde lang hinein, konnte aber nicht die geringste Spur von Erwärmung bemerken.

Volta glaubte, die Irrlichter beständen aus Sumpfgas (leichtem Kohlenwasserstoffgas), welches durch einen elektrischen Funken entzündet worden sei; doch hat man diese Ansicht längst aufgegeben. Auch die Meinung, daß sie aus Phosphorwasserstoffgas bestünden, welches Gas sich bei der Berührung mit der Luft entzündet, ist irrig, da man in diesem Falle einen momentanen von einer Verpuffung begleiteten Lichtblitz wahrnehmen müßte, nicht aber ein länger anhaltendes mattes Licht. Die wahrscheinlichste Ansicht ist die, daß die Irrlichter durch ein phosphorhaltiges Wasserstoffgas hervorgebracht werden, welches nicht als eigentliche Flamme verbrennt, sondern nur schwach phosphorescirt. Oefters haben sich Spaßvögel das Vergnügen gemacht, künstliche Irrlichter erscheinen zu lassen, indem sie Phosphorcalcium in Teiche warfen, aus welchem Stoffe sich unter Wasser jenes selbstentzündliche Phosphorwasserstoffgas entwickelt; noch im Juni 1873 erschienen auf einem Teiche des Berliner Thiergartens derartige Irrlichter, welche einem solchen Scherze ihren Ursprung verdankten.

Die Pariser Commune von 1871, sagt Flammarion, die unter Blut und Brand zu Grunde ging, hat Tausende von Unglücklichen in die Grube gestürzt,

Irrlichter bei Issy (Juni 1871).

wo ihre wie die Hunde eingescharrten Leiber unter der zersetzenden Wirkung des Regens und der Junisonne verfaulen. Vor dem Einrücken der Regierungstruppen war das Terrain im Westen der Hauptstadt, wo so viele blutige Kämpfe statt-

Digitized by Google

gefunden hatten, die Abhänge von Issy und Meudon, mit Gräbern überfüllt, in denen die Marschbataillone der Föderirten ihren letzten Schlaf schliefen. Wie nichts in der Natur verloren geht, so stieg der Wasserstoff aus diesen verwesenden Leibern in die Luft und zeigte sich des Abends als leichte, bläuliche Flamme. Ephemere Irrlichter! Das war Alles, was von so viel Lärm und Wuth und von so viel Anmaßung übrig blieb!

## Viertes Capitel.

# Die Blitzableiter.

Die furchtbaren Verwüstungen, welche der Blitz oft genug anrichtet, wenn er zur Erde kommt, haben schon lange die Frage entstehen lassen, ob es nicht möglich sei, ein Schutzmittel gegen die gewaltige Naturkraft zu finden? Das Anstellen von Gebeten sowie das oben angeführte Läuten der Glocken erwiesen sich unwirksam, das letztere sogar gefährlich, und erst Benjamin Franklin zeigte den richtigen Weg und gab uns in dem Blitzableiter ein Schutzmittel gegen den Blitz. Die Wirksamkeit dieses Instruments wird allerdings oft überschätzt, eben so oft aber auch zu geringe angeschlagen, ja Mancher ist geneigt, ihm jede schützende Eigenschaft abzusprechen und die metallene Leitung geradezu als gefährlich anzusehen. In der That kann dies letztere der Fall sein, wenn die Construction fehlerhaft ist. Wir geben in dem Folgenden den officiellen Bericht, welchen eine im Jahre 1867 von der französischen Academie der Wissenschaften niedergesetzte Commission über den Blitzableiter erstattete. Dieselbe bestand aus den Herren Becquerel, Babinet, Duhamel, Fizeau, Regnault und dem Marschall Vaillant; der Berichterstatter war Pouillet.

### I. Allgemeine Gesichtspunkte.

1) Die Gewitterwolken, welche den Blitz in sich bergen, sind nichts anderes, als gewöhnliche Wolken, welche stark elektrisch geladen sind. Der Blitz, welcher den Himmel durchfurcht, ist ein ungeheurer elektrischer Funke, dessen beide Ausgangspunkte zwei mit entgegengesetzten Elektricitäten geladene Wolken sind; der Donner ist das Geräusch dieses Funkens. Durch den Blitz erfolgt eine Ausgleichung der entgegengesetzten Elektricitäten.

Wenn der eine Endpunkt des Blitzes an der Erdoberfläche liegt, so sagt man, der Blitz habe eingeschlagen; auch jetzt findet an allen Punkten der Blitzbahn

eine Ausgleichung der entgegengesetzten Elektricitäten statt, deren eine die Wolke, die andere die Erde selbst liefert.

Wie geht es nun zu, daß die Erde, die sich im Allgemeinen im natürlichen Zustande befindet und keine Elektricität wahrnehmen läßt, mit Elektricität geladen ist, und zwar mit derjenigen Elektricität, welche der der Wolke im Augenblicke des Blitzschlages entgegengesetzt ist? Dies ist die erste Frage, welche wir zu prüfen haben.

2) Bevor der Blitz hervorspringt, wirkt die Gewitterwolke, auch wenn sie mehrere Kilometer hoch schwebt, durch Influenz, indem sie die gleichnamige Elektricität abstößt und die ungleichnamige anzieht. Diese Vertheilung sucht zwar alle terrestrischen Gegenstände in ihren Bereich zu ziehen, erstreckt sich aber in Wirklichkeit nur auf gute Leiter. Zu diesen letzteren zählen in verschiedenen Abstufungen die Metalle, das Wasser, der sehr feuchte Boden, die Körper lebender Thiere, die Pflanzen ꝛc. Derselbe leitende Körper erleidet von Seiten der Wolke sehr verschiedene Wirkungen je nach seiner Gestalt und seinen Dimensionen und vor allem, je nachdem er mehr oder weniger vollkommen mit dem Boden in Verbindung steht. Beispielsweise erleidet ein Baum, der in nur mäßig feuchtem Erdreich steht, nur eine geringe Influenz, weil die gleichnamige, abgestoßene Elektricität nicht weit in die Erde entweichen kann, welche ihrerseits ein sehr schlechter Leiter für starke elektrische Ladungen ist. Steht dagegen der Baum in einem bis auf weite Entfernungen sehr feuchten Erdreich, so wird er stark influenzirt, weil die gleichnamige Elektricität sich weit in dem guten Leiter entfernen kann. Endlich wird er so stark wie nur möglich influenzirt werden, wenn der gute Leiter selbst wieder mit unbegrenzten Wasserflächen in guter Berührung ist.

Wenn es sich um die Funken unserer Elektrisirmaschinen handelt, so ist die Erdoberfläche in gewöhnlichem Zustande das, was man das allgemeine Reservoir nennt. Man kann sie so bezeichnen, weil ihre Leitungsfähigkeit ausreicht, um alle schwachen elektrischen Ladungen zu zerstreuen oder zu neutralisiren. Wenn es sich dagegen um den Blitz handelt, so ist die obere Erdschicht im gewöhnlichen Zustande nicht mehr das, was man das allgemeine Reservoir nennen kann; sie ist ein verhältnißmäßig schlechter Leiter, gerade so wie die verschiedenartigen geologischen Formationen, auf welchen sie lagert. Man muß bis zu der ersten wasserhaltigen Schicht gehen, d. h. bis zu der Schicht, aus welcher die Quellen der nie versiegenden Brunnen entspringen, um eine Schicht von ausreichender Leitungsfähigkeit zu finden. Da diese Schicht sich weit ausbreitet und vielfach verzweigt, so kann sie nicht von den benachbarten Wasserläufen isolirt sein, und bildet mit diesen letzteren, mit den Flüssen und Bächen und dem Meere selbst das, was man das allgemeine Reservoir für die Blitzwolken und deshalb auch für die Blitzableiter nennen muß.

Während die Gewitterwolke überall oberhalb dieser Schicht die gleichnamige Elektricität abstößt und die ungleichnamige anzieht, erleidet die Schicht selbst diese Vertheilung im allerhöchsten Maße. Ihre ganze obere Fläche beladet sich mit der entgegengesetzten Elektricität, welche durch die Anziehung der Wolke dort aufgehäuft wird, während die abgestoßene gleichnamige Elektricität sich in dem allgemeinen Reservoir zerstreut. Wenn nun der Blitz einschlägt, so liegt der eine Ausgangspunkt in der Wolke, der andere in der unterirdischen Schicht, welche gewissermaßen die Stelle der zweiten zur Entstehung des Blitzes erforderlichen Wolke vertritt. So kommt es, daß die Erde, ohne im Großen und Ganzen ihren natürlichen Zustand einzubüßen, gelegentlich an einzelnen Stellen durch die Gegenwart von Gewitterwolken elektrisch wird. Die Gebäude, Bäume, Thiere, welche vom Blitze getroffen werden, müssen als Zwischenglieder betrachtet werden, die sich auf dem Wege des Blitzes befinden und die er im Vorübergehen trifft. Indessen darf man hieraus nicht folgern, daß diese Zwischenglieder völlig passiv seien und daß sie nicht dazu beitrügen, die Richtung des Blitzes zu beeinflussen oder ganz zu bestimmen. Es ist im Gegentheil sicher, daß sie in dieser Beziehung einen um so größeren Einfluß haben, je größere Dimensionen und je bessere Leitungsfähigkeit sie besitzen. Wird beispielsweise ein Schiff auf offenem Meere vom Blitze getroffen, so nimmt der Blitz nicht den in geometrischem Sinne kürzesten Weg zum Wasser hin, welches er doch aufsucht, sondern den Weg, welcher im elektrischen Sinne der kürzeste ist wegen der elektrischen Influenz, welche die Gewitterwolke auf die Masten, das Takelwerk und andere mehr oder minder hoch gelegene leitende Schiffstheile ausübte.

3) Ein Blitzableiter ist ein guter, nicht unterbrochener Leiter, dessen unteres Ende mit der unterirdischen leitenden Schicht in breiter Berührung steht, während sein äußeres Ende sich hoch genug erhebt, um das Gebäude, welches geschützt werden soll, genügend zu überragen.

Die Entladung unserer elektrischen Batterieen kann mehrere Meter eines sehr feinen Eisendrahtes schmelzen. Der Blitz schmilzt oder verflüchtigt mehr als 100 Meter Draht, wie er zu Glockenzügen gebraucht wird. Im Jahre 1827 wurde auf dem Packetboot „New York“ eine Feldmesserkette von 40 Meter Länge, die aus 6 Millimeter dickem Eisendraht angefertigt war und als Blitzableiter für das Schiff diente, durch den Blitz geschmolzen und in Form glühender Kügelchen umhergestreut. Dagegen ist kein Fall bekannt, wo der Blitz eine quadratische, 15 Millimeter starke und nur einige Meter lange Eisenstange bis zum Rothglühen erhitzt hätte. Man wählt daher eine solche quadratische Eisenstange von 15 Millimeter Seite zur Herstellung des Blitzableiters. Es ist durchaus nicht nothwendig, die feuchte unterirdische Schicht in gerader senkrechter Linie neben dem Gebäude aufzusuchen; der Apparat ist nicht weniger wirksam, wenn der Leiter

auf einem großen Theile seiner Länge eine gekrümmte, oder eine horizontale oder schiefe Linie bildet. Die hauptsächlichste und unerläßliche Bedingung ist die, daß

Die Auffangestange.

er die feuchte Schicht erreicht und mit ihr in breiter Berührung steht, wenn er sie auch mehrere Kilometer weit aufsuchen müßte.

4) Wir wollen nun annehmen, ein Blitzableiter sei in dieser Weise construirt, und wollen die Erscheinungen untersuchen, welche während eines Gewitters stattfinden werden.

Die durch Influenz in der feuchten unterirdischen Schicht entwickelte Elektricität findet jetzt, statt sich dort aufzuhäufen, den Fuß des Blitzableiters als Ausweg, auf welchen sie sich stürzt. Denn in einer soliden metallenen Stange von beliebiger Länge verbreitet sich die Elektricität mit einer Geschwindigkeit, welche sich mit der des Lichtes vergleichen läßt. So häuft sich die in der unteren Schicht durch die Wolke angezogene Elektricität plötzlich in der Spitze des Blitzableiters an. Hier finden nun eigenthümliche Vorgänge statt, die wir näher betrachten müssen.

Wenn die Auffangestange des Blitzableiters mit einer feinen, sehr scharfen Spitze von Gold oder Platina endigt, so übt die von der Wolke angezogene Elektricität gegen die schlecht leitende Luft einen hinreichend starken Druck aus, um zu entweichen, wobei sie ein im Finstern sichtbares Lichtbüschel erzeugt. Die divergirenden Strahlen dieses Büschels verlieren um so mehr an Licht, je weiter sie sich von der Spitze entfernen, und sind selten auf eine Länge von 15 bis 20 Centimeter sichtbar. Die Luft wird hierdurch stark elektrisirt, und man kann nicht bezweifeln, daß bei ruhiger Atmosphäre die mit der Elektricität der Spitze, d. h. mit der von der Wolke angezogenen Elektricität beladenen Luftmolecule sofort bis zu der Wolke selbst eilen und eine größere oder geringere Menge von der Elektricität der Wolke neutralisiren. Diese Neutralisation nennt man die vorbeugende Thätigkeit des Blitzableiters.

Wenn die Spitze das Lichtbüschel hervorbringt, so erreicht die elektrische Strömung oft eine solche Intensität, daß die Spitze bis zum Schmelzen erhitzt wird; in diesem Falle fließt das Gold und selbst das so schwer schmelzbare Platina in dicken Tropfen an dem Kupfer oder Eisen herab, welches die Spitze trägt. Hat ein Blitzableiter auf diese Weise seine scharfe Spitze verloren und trägt nur noch einen Knopf von geschmolzenem Gold oder Platina, so fragt es sich, ob er noch genügend wirksam ist. Wir beantworten diese Frage mit Ja. Der Blitzableiter thut noch seine Schuldigkeit, vorausgesetzt, daß er noch den beiden Hauptbedingungen genügt, nämlich, daß der Leiter ohne Unterbrechung ist und daß sein unteres Ende mit der feuchten unterirdischen Schicht in breiter Berührung steht. Nur hat er mit der Spitze zugleich etwas von seiner vorbeugenden Thätigkeit verloren. Das Büschel würde sich jetzt nur unter Einwirkung einer weit stärkeren Anziehung bilden und die Schmelzung, welche namentlich durch die Feinheit und Schärfe der Spitze bedingt wurde, könnte sich nur sehr schwer wiederholen, wobei im Uebrigen Alles in demselben Zustande bleiben würde. Die Luft wird daher nicht mehr durch die Ausstrahlung in leuchtender Gestalt elektrisirt, dieser Theil der vorbeugenden Thätigkeit ist verschwunden; der andere Theil, der in dem Elektrisiren der Luft durch die Berührung der oberen Theile der Auffangestange besteht, ist wahrscheinlich erheblich geringer. Wenn übrigens der

Wind die durch büschelförmige Ausstrahlung oder durch Berührung an der Stange elektrisirte Luft weit von den Wolken wegtreibt, so wird die vorbeugende Thätigkeit überdies oft auf Nichts reducirt. Wir kommen daher zu dem Schluß, daß wenn die feine Spitze verloren geht, der Blitzableiter nur sehr wenig von seiner Brauchbarkeit einbüßt.

Aus diesen Gründen rieth die Commission des Jahres 1855, als oberen Theil des Blitzableiters einen kupfernen Cylinder von 2 Centimeter Durchmesser und 20—25 Centimeter Länge zu verwenden, deßen oberes Ende in einen 3 bis 4 Centimeter hohen Kegel ausläuft. Auch dieser kupferne Kegel kann bisweilen, wenn auch weit seltener als die Gold- und Platinaspitzen, die Erscheinung des Lichtbüschels hervorrufen; aber selbst in diesem Falle kommt es nicht zum Schmelzen wegen der Gestalt und namentlich wegen des großen Leitungsvermögens des Kupfers in Bezug auf Elektricität und Wärme.

Schlägt der Blitz in den Blitzableiter, so gelangt er von dem kupfernen Cylinder in die Auffangestange und den Leiter und neutralisirt sich auf diesem Wege mit der Elektricität der unterirdischen feuchten Schicht. Es ist ein gewöhnlicher Blitz, nur ist er ungefährlich für den Blitzableiter und das durch diesen beschützte Gebäude. Er gleicht mithin den unzähligen Blitzen, welche während eines Gewitters inmitten der Atmosphäre verlöschen.

## II. Construction.

5) Die eiserne Auffangestange setzt sich, wie wir sagten, nach oben hin in einen kupfernen, kegelförmig zugespitzten Cylinder fort. An der Vereinigungsstelle wird sie abgerundet, so daß sie einen Durchmesser von 2 Centimeter hat; dagegen bleibt sie unten quadratisch und nimmt allmählig an Dicke zu bis zu der Vereinigung mit dem Leiter, wo sie 4 bis 5 Centimeter Seite haben muß. Ihre Länge von diesem Punkte bis zu dem Kupfercylinder kann je nach den Umständen zwischen 3 bis 5 Meter schwanken. Es ist gewöhnlich vortheilhafter, mehrere Stangen anzubringen und die einzelnen in diesen Grenzen zu halten, wobei man sie durch einen Leiter unter einander verbindet, als eine geringere Zahl zu wählen und die einzelnen 7 bis 8 Meter hoch zu machen. Derjenige Theil der Auffangestange, welcher tiefer liegt, als der Leiter, oder tiefer, als der unterste Leiter, wenn sie mit mehreren in Verbindung steht, kommt für den Blitzableiter nicht weiter in Betracht. Man kann deshalb diesem Theil eine beliebige Gestalt geben und diejenige wählen, welche am geeignetsten erscheint, die Stange recht sicher auf ihrer Unterlage zu befestigen.

6) Der Leiter wird an die Auffangestange mittelst einer sehr guten Löthung aus Zinn befestigt; dieser obere Theil des Leiters muß 2 Centimeter Seite besitzen, und sein abgerundetes, verzinntes Ende, welches ganz durch die Stange

hindurchgeht, muß 15 Millimeter Durchmesser haben. Es besitzen jetzt die beiden durch die Löthung mit einander metallisch verbundenen Eisenflächen zusammen eine Oberfläche von etwa 20 Quadratcentimeter.

Die stets rundlich zu formenden Biegungen, die man dem Leiter geben muß, theils um ihn zum Boden herabzuführen, theils um ihn am Boden auszubreiten bis zu dem senkrechten Abwärtsgehen nach der feuchten Schicht, reichen hin, um

Der Blitzableiter.

die Ausdehnung durch die Wärme unschädlich zu machen. Bei diesen Krümmungen bringt man eiserne, gabelförmige Träger an, welche ein Gleiten der Länge nach gestatten, aber jedes seitliche Zerren verhindern. Diese Träger dürfen keine elektrischen Isolatoren sein.

7) Die feuchte unterirdische Schicht ist, wie wir sagten, die der benachbarten Brunnen, welche niemals versiegen und selbst in der ungünstigsten Jahreszeit einen Wasserstand von mindestens 50 Centimeter enthalten. Der Brunnen des Blitzableiters wird wie ein gewöhnlicher Brunnen construirt; er muß auf diesen speciellen Dienst beschränkt bleiben und darf keinen Zufluß aus Gräben

Digitized by Google

und Rinnsteinen erhalten. Wenn es die Umstände verlangen, so kann der gewöhnliche Brunnen durch ein 20 bis 25 Centimeter weites Bohrloch ersetzt werden, dessen Wände sorgfältig gegen das Einstürzen zu sichern sind.

Derjenige Theil des Leiters, welcher in den Brunnen hinabgeht, wird aus einer quadratischen Eisenstange von 2 Centimeter Seite gefertigt; sein unteres Ende trägt 4 Wurzeln von etwa 60 Centimeter Länge; eine feste Löthung umgiebt diese ganze Vorrichtung. Diese Wurzeln können durch eine Schnecke von 5 oder 6 Windungen ersetzt werden, die dadurch gebildet wird, daß man das untere Ende des Leiters selbst wie einen Pfropfenzieher dreht.

Der obere Theil des senkrechten Leiters wird beim Eingang in den Brunnen entweder durch einen starken eisernen, auf zwei parallelen Stangen ruhenden Pflock, oder durch eine andere ähnliche Vorrichtung gehalten; man bringt diesen Träger in einer solchen Höhe an, daß die Wurzeln des Blitzableiters und wenn nöthig auch die Löthung in das Wasser eintauchen; doch muß durchaus darauf gesehen werden, daß die Wurzeln sich nicht in den Schlamm am Boden des Brunnens einsenken.

Man thut gut, sich die Möglichkeit frei zu halten, zu jeder Zeit den Wasserstand im Brunnen prüfen zu können, auch wenn man die Schwankungen im Niveau der benachbarten Brunnen kennen sollte. Endlich ist es nothwendig, von Zeit zu Zeit den Zustand des versenkten Eisens zu untersuchen, denn es giebt gewisse Wasser, welche in 4 bis 5 Jahren das Eisen zu stark zerfressen. Zu diesem Zwecke muß man die letzte Löthung, welche sich außerhalb des Brunnens befindet, abnehmen und mit passenden mechanischen Vorrichtungen das untere Ende des Leiters herausheben.

Wir haben diesem officiellen Berichte nur die eine Bemerkung hinzuzufügen, daß die Blitzableiter, welche nicht allen angeführten Erfordernissen genügen, mehr Schaden als Nutzen stiften. So brach, um nur ein Beispiel anzuführen, im Jahre 1867 ein heftiges Gewitter über Fecamp aus und der Blitz traf mehrere nicht mit Blitzableitern versehene Gebäude, worüber sich niemand wunderte. Allein er verschonte auch nicht den Leuchtthurm, der arg beschädigt wurde, obschon er einen Blitzableiter trug. Als dieser letztere gleich darauf untersucht wurde, zeigte es sich, daß er ganz vorschriftsmäßig construirt war. Allein der Leuchtthurm steht auf einer stark kalkhaltigen Klippe, und das untere Ende des Blitzableiters tauchte in eine Cisterne, die in diesen kreidigen Boden gegraben war. Hierdurch löste sich das Räthsel. Der Leiter muß durchaus mit weiten Wasserflächen communiciren, welche eine größere Ausdehnung besitzen, als die Gewitterwolke. Wenn das Wasser nicht genügenden Abfluß hat, so kann es selbst den Blitz schleu-

dern. Es ist gefährlich, den Leiter in den feuchten Boden zu vergraben, weil man sich einerseits gewöhnlich zu wenig darum kümmert, ob diese feuchte Schicht sich weit genug erstreckt, und andererseits sich nicht davon überzeugt, ob das Erdreich auch die nöthige Feuchtigkeit zur Zeit der größten Trockenheit behält, d. h. zu der Zeit, wo die Gewitter am meisten zu fürchten sind. Ist kein Bach oder großer Teich in der Nähe, so muß man den Leiter durch große metallische Oberflächen mit der unterirdischen feuchten Schicht in Verbindung setzen. Seit einigen Jahren pflegt man den Leiter bei seinem Eintritt in den Boden in zwei Aeste zu theilen, von denen der eine senkrecht zu der feuchten Schicht hinabsteigt, während der andere horizontal dicht unter dem Boden hinläuft und sich verzweigt. Wird die obere Schicht des Bodens vom Regen durchfeuchtet, so functionirt der horizontale Ast auf alle Fälle und macht so die Unregelmäßigkeiten unschädlich, welche in der Construction des abwärtsgehenden Astes möglicherweise begangen sind.

Ein gut construirter Blitzableiter ist ein wirksames Schutzmittel. Ein statistisches Verzeichniß von Quetelet führt 167 Blitzschläge an, welche Gebäude und Schiffe trafen, die mit Blitzableitern versehen waren. Unter diesen befinden sich nur 27, d. h. etwa ein Sechstel, wo die Blitzableiter wegen starker Unvollkommenheiten, die in ihrer Construction nachgewiesen wurden, die Gebäude und Schiffe nicht völlig schützten. Es spricht dies auf das Deutlichste für die Wirksamkeit des Blitzableiters und ist ohne Zweifel die beste Antwort auf die Einwürfe, welche man gegen den Gebrauch dieser Apparate erhoben hat.

Zum Schluß bemerken wir noch, daß der von dem Blitzableiter gewährte Schutz sich auf einen kleineren Umkreis erstreckt, als man gewöhnlich anzunehmen geneigt ist. Er reicht etwa nur dreimal (nach Arago nur doppelt) so weit, als die Auffangestange sich erhebt. Ist die Stange beispielsweise 5 Meter hoch, so ist das Gebäude bis auf 15 Meter vom Fuß der Auffangestange geschützt. Ueberdies wird die Wirksamkeit durch die Beschaffenheit des Terrains sowie durch die in dem Bauwerk verwendeten Materialien beeinflußt. Sehr große Gebäude verlangen natürlich zum vollständigen Schutz mehrere Auffangestangen.

## Fünftes Capitel.

# Das Nordlicht.

Wir kommen jetzt zu der merkwürdigsten und großartigsten aller elektrischen Bethätigungen in der Atmosphäre. Wie wir sahen, ist der Erdball ein ungeheures Reservoir des elektrischen Fluidums, welches ebenfalls auf allen Gliedern unseres Planetensystems existirt und auf der Sonne selbst in reichlichem Maße vertreten ist. Wie die allgemeine Anziehung, wie Licht und Wärme, ist auch die Elektricität eine allgemeine Naturkraft. Ihre Zuckungen helfen das Leben der Welten unterhalten und auf unserem Planeten circuliren fortwährend elektrische Ströme von den Polen zum Aequator und vom Aequator zu den Polen. Die Magnetnadel verräth uns durch ihren feinen nach Norden gerichteten Finger die Existenz dieser Ströme; sie bewegt sich und geräth ins Schwanken, sobald Störungen in dem normalen Lauf dieser Strömungen eintreten. Sie wird in hohem Grade aufgeregt, wenn diese Störungen überhand nehmen und das Gleichgewicht in hohem Maße trüben. Wie schon erwähnt, wirkt der Blitz, welcher in ein Schiff schlägt, oft so stark auf die Magnetnadel, daß er die Pole derselben umkehrt und daß das frühere Nordende jetzt nach Süden zeigt, zum großen Nachtheil für die Mannschaft, die sich jetzt nicht orientiren kann. Wenn ein starkes Nordlicht in Reikiavyk oder in Stockholm den Himmel färbt, so wird die Magnetnadel in Paris oder in Berlin trotz der Entfernung von mehreren Hundert Meilen unruhig und fordert durch ihr Schwanken den Meteorologen auf, Acht zu haben auf das, was weit von ihm im Norden vorgeht.

Das Nordlicht ist eine elektrische Ausstrahlung im Großen. Statt eines auf wenige Meilen beschränkten, mit voller Wuth losbrechenden Gewitters findet hier eine leise und langsame Ausgleichung zwischen der negativen Elektricität des Bodens und der positiven der Atmosphäre statt, eine Ausgleichung, die sich in

der oberen wasserstoffhaltigen Atmosphäre, von der wir in dem ersten Buche sprachen, vollzieht. Dies Ausstrahlen der Elektricität in weiten Flächen ist nur in der Nacht sichtbar und tritt in allen möglichen Gestalten auf, je nach der Art, in der es vor sich geht, und nach der Wirkung der Perspektive, die durch die Entfernung des Beobachters bedingt ist. Bald erblickt das Auge nur einige

Nordlicht auf dem Polarmeer.

weiße oder rosenfarbige Lichtwellen, die schnell über den Himmel hingleiten, bald scheint ein Tuch aus Gold und Purpur gewebt von den himmlischen Höhen herabzuhängen, bald endlich sprühen leuchtende Strahlen vom Norden aus nach allen Richtungen empor. Namentlich innerhalb des Polarkreises, wo die Gewitter so sehr selten sind, entfaltet diese Bethätigung der terrestrischen Elektricität am häufigsten ihre Pracht.

Michelet beschreibt in seiner blumenreichen und etwas phantastischen Sprache das Nordlicht folgendermaßen: „Der Pol scheint das Reich des Todes zu sein;

Digitized by Google

allein gerade umgekehrt triumphirt hier das allgemeine Leben des Erdballs. Die beiden Seelen der Erde, die magnetische und die elektrische, feiern allnächtlich in diesen Einöden ihre Feste. Die Strömungen des Meeres und der Luft sind ihre Träger; die beiden Ströme warmen Wassers, welche von Java und Cuba nordwärts fließen, um sich bis zum Gefrieren abkühlen zu lassen, und die aufs Neue belebt unausgesetzt zu dem Herzen zurückkehren, welches sie aussandte, unterstützen die magnetische und elektrische Verbindung zwischen dem Aequator und dem Pol. Wenn im Sommer das Schmelzen des Eises in der Polarzone stattfindet und die Ströme kalten Wassers von Norden herabziehen und die Länder erfrischen, scheint das magnetische Element der Elektricität der äquatorialen Region entgegen zu gehen; hieraus entspringen die heftigen Gewitter, namentlich in der Nähe des Aequators, die mit ihren betäubenden Donnerschlägen die Sinne verwirren. Im Gegensatz hierzu läßt sich der Donner in der arktischen Zone nur selten hören. In dieser tiefen Winternacht scheint Alles zu schlummern, und doch birgt kein anderer Himmel mehr Gewitter in sich. Fast allnächtlich entwickelt sich ein solches gegen 10 Uhr und erleuchtet die Erde, den Schnee, die Gletscher; die glänzenden Spitzen und die in der Luft schwebenden Eispartikelchen brechen und spiegeln die zuckenden Strahlen. Man kann sich nichts Feierlicheres vorstellen. Der ganze Erdball ist Schauspieler und Zuschauer zugleich, seine Unruhe verräth sich schon mehrere Stunden zuvor durch die Schwankungen der Magnetnadel.

Aber nun geräth der blaßgelbe Bogen, der langsam emporsteigt, gewissermaßen in Gährung. Er verdoppelt, verdreifacht sich, oft sieht man ihn neunfach. Die einzelnen wogen; ein Ebben und Fluthen des Lichtes zieht sie hin und her, gleich einem wallenden Goldtuch, welches sich zusammen und wieder auseinander rollt. Doch weiter! Lange Lichtsäulen und Strahlen werden schnell und gewaltsam nach oben geschleudert und gehen aus Gelb in Purpur, aus Purpur in Grün über. Es ist 11 Uhr; der große Augenblick tritt ein, wo die Lichtmassen, die lange genug mit einander gerungen haben, sich beruhigen und vereinigen. Sie sammeln sich in der Höhe, gestalten sich zu einem hehren Fächer, zu einer feurigen Kuppel und gleichen der Brautkrone einer Götterhochzeit. Mit der magnetischen Seele der Erde, der Königin des Nordens, hat sich die elektrische, das Leben des Aequators verbunden; sie strömen zusammen und werden Eins!"

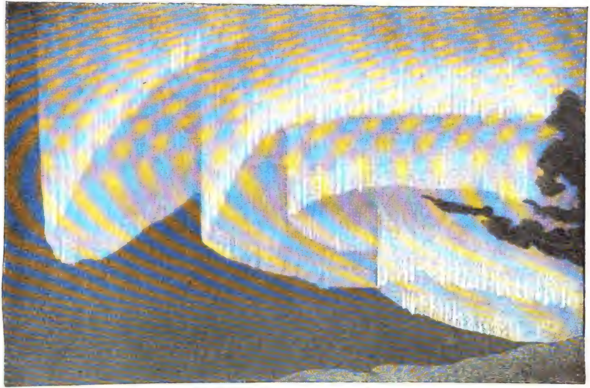
Ein sehr geeigneter Ort für die Beobachtung des Nordlichts ist Spitzbergen. Martins hat daselbst bei der wissenschaftlichen Expedition vom Jahre 1839 das Phänomen sehr oft beobachtet und studirt, und schreibt darüber folgendermaßen: „Das Nordlicht erscheint bald als einfaches diffuses Leuchten oder als glänzende Flecken, bald als zuckende Strahlen von blendendem Weiß, die das ganze Firmament durchziehen, indem sie vom Horizont ausgehen, als wenn ein unsicht-

barer Pinsel über das Himmelsgewölbe hinführe. Bisweilen machen sie Halt und erreichen das Zenith nicht; allein das Nordlicht setzt sich an einer anderen Stelle fort, eine Strahlengarbe schießt empor, breitet sich fächerförmig aus, erbleicht und erlischt. Ein anderes Mal schweben lange, goldigglänzende Draperien

Nordlicht vom 6. Januar 1839 (Spitzbergen).

über dem Haupte des Beschauers, rollen sich um sich selbst in der verschiedensten Weise und wogen, als ob der Wind sie bewege. Sie scheinen gar nicht hoch in der Atmosphäre zu schweben und man wundert sich, nicht das Rauschen der Falten zu hören, wenn sie sich aufrollen. Am häufigsten erscheint gegen Norden ein leuchtender Bogen; ein schwarzes Segment trennt ihn von dem Horizonte und bildet mit seinem tiefen Dunkel einen starken Gegensatz mit dem Bogen von

Digitized by Google



Großes, am 21. Januar 1839 auf Spitzbergen beobachtetes Nordlicht.

Digitized by Google

blendendem Weiß oder glänzendem Roth, der Strahlen schießt, sich spaltet, einen leuchtenden Fächer am Nordhimmel bildet und langsam zum Zenith aufsteigt, wo die Strahlen sich vereinigen und eine Krone bilden, die jetzt ihrerseits leuchtende Strahlen nach allen Richtungen aussendet. Der Himmel gleicht jetzt einer feurigen Kuppel, das Blau, Grün, Gelb, Roth und Weiß spielen in den zuckenden Strahlen des Nordlichts. Allein dies glänzende Schauspiel hält nur kurze Zeit an; zunächst hört die Krone auf, Lichtstrahlen auszusenden, und verliert ihren Glanz; ein diffuses Licht erfüllt den Himmel, hier und dort dehnen sich einige leuchtende Felder gleich leichten Wolken aus und ziehen sich mit großer Geschwindigkeit zusammen, gleich einem Herzen, welches zuckt. Bald erbleichen auch sie; Alles verschwimmt und erlischt; die Sterne, welche eben noch vor der Gluth des Nordlichts verblaßten, leuchten mit neuem Glanz, und die dunkle und tiefe Polarnacht thront wieder als Herrscherin über den eisigen Einöden von Land und Meer. Vor solcher Naturerscheinung beugt sich der Dichter und der Maler und bekennt seine Unfähigkeit, sie wiederzugeben; der Gelehrte allein verzweifelt nicht. Hat er das großartige Schauspiel bewundert, so studirt und analysirt er es und gelangt zu dem Schluß, daß das Nordlicht seinen Ursprung der elektrischen Ausstrahlung an den Polen der Erde verdankt, dieses colossalen Magnetes, dessen einer Pol nördlich von dem Festlande Nordamerikas nicht fern von dem Kältepol unserer Halbkugel liegt, während der Südpol in dem Meere südlich von Australien nahe bei Victorialand zu suchen ist.

Einige Andeutungen werden genügen, die elektromagnetische Natur des Nordlichts darzuthun. Auf Spitzbergen zeigt eine horizontal an einem ungedrehten Coconfaden aufgehängte Magnetnadel nach Nordwesten. Sobald das Nordlicht beginnt, bemerkt man, daß diese Nadel aus ihrer Unbeweglichkeit erwacht, gleichsam von einer ungewöhnlichen Unruhe befallen wird und schnell nach rechts und links hin und her schwingt. In dem Grade, als der Glanz des Nordlichts wächst, nimmt die Unruhe der Nadel zu und der Beobachter kann, ohne sein Cabinet zu verlassen, aus der Weite der Schwingungen die Intensität des Nordlichts beurtheilen. Bildet sich endlich die Nordlichtkrone, so liegt ihr Mittelpunkt ziemlich genau in der Verlängerung der sogenannten Inclinationsnadel, d. h. einer Magnetnadel, welche senkrecht schwingen kann und, in der Ebene des magnetischen Meridians aufgestellt, nicht horizontal schwebt, sondern ihr Nordende nach unten senkt. Mithin ist das Nordlicht auf das Engste mit den magnetischen Erscheinungen des Erdballs verknüpft."

Whymper, welcher im Jahre 1865 das damals noch russische, jetzt zu den Vereinigten Staaten gehörige Gebiet von Alaska besuchte, beobachtete die seltene Erscheinung eines Nordlichts in Bandform, das sich wellenförmig in den Höhen der Atmosphäre aufrollte. „In dem Augenblick, erzählt er, wo wir uns schlafen

legen wollten, wurde uns gemeldet, daß sich ein Nordlicht gegen Westen hin entwickele. Diese Nachricht verscheuchte uns Allen die Müdigkeit; wir kletterten in aller Eile auf das Dach des höchsten Gebäudes innerhalb des Forts, um das glänzende Phänomen zu betrachten. Es war nicht der so oft beschriebene Bogen, sondern eine dünne leuchtende Schlange, die sich hin und her wand und unaufhörlich Gestalt und Farbe wechselte. Bald zeigte sich das bleiche milde Licht des Mondes, bald zogen lange blaue, rosige und violette Streifen über diesen silbernen Hintergrund; funkelnde Strahlen schossen nach oben und vereinigten ihren Glanz mit dem der hellleuchtenden Sterne, welche man zwischen den Windungen der Lichtspirale erblickte."

Oft nimmt das Nordlicht die Gestalt einer Kuppel an, von welcher leuchtende Strebebogen abwärts ziehen. Als Rougaret von seiner Reise nach Island zurückkehrte, war er am 21. August 1866 Zeuge einer solchen interessanten Erscheinung. „Als wir unsern großen Ball auf der Pandora gegeben hatten, berichtet er, lichteten wir die Anker zur Rückfahrt, und unsere isländischen Freunde riefen bei der Abfahrt des Schiffes: „da geht die Sonne Islands hin." In der That war die französische Fregatte beim Beginn der schönen Jahreszeit gekommen und segelte wieder ab, als die ersten Sterne sich zeigten, was gleichsam das Signal für das erste Nordlicht ist. Von diesem Zeitpunkte an erscheinen gewöhnlich zwei Nordlichter in jeder Nacht. Das erste beginnt um 11 Uhr und dauert ¾ Stunde, das zweite, weit glänzendere erscheint um Mitternacht und erleuchtet Himmel und Meer mehrere Stunden lang. Wenn das Nordlicht sich bilden will, so hat es den Anschein, als lagere schwarzes Gewölk am Horizont in nord-nordwestlicher Richtung. Die Ränder dieses Gewölks erhellen sich, und plötzlich scheint aus der dunklen Masse ein Rakete hervorzusprühen, der sofort mehrere andere folgen. Diese Raketen lassen am Himmel einen leuchtenden Schweif zurück, allmählig erreichen sie das Zenith und ziehen endlich über das ganze Himmelsgewölbe. Jetzt steht das Nordlicht in vollem Glanze. Vom Himmel lösen sich lange Fransen los, die langsam herabsinken und die der Beobachter glaubt mit den Händen fassen zu können. Eine weiße Helle überzieht den ganzen Himmel und das Meer. In dieser magischen Beleuchtung verließ die zierliche Pandora die Küste Islands. Ihr graciöses Mastwerk, ihre schlanken, mit Licht übergossenen Spieren und Raaen zeichneten sich frei auf dieser Art Aureole ab, die für die Stunde des Abschieds aufgespart zu sein schien, und ich brachte die ganze Nacht auf dem Quarterdeck mit der Beobachtung dieses Nordlichts zu, das von jetzt ab allnächtlich über der Insel glänzen sollte."

Im mittleren Europa sind die Nordlichter weit seltener, als in der Polarzone, und entwickeln sich auch nicht mit derselben Intensität. Die letzten Jahre waren verhältnißmäßig reich an Nordlichtern, und namentlich waren drei dieser

Phänomene von ausgezeichneter Schönheit, nämlich die Nordlichter vom 15. April und 13. Mai 1869 und vom 24. October 1870. In Paris begann am 15. April die Erscheinung um 8 Uhr 10 Minuten in Gestalt eines breiten Bündels von rothleuchtenden Säulen, die von dem großen Bären aus fächerförmig nach Osten zogen. Der Himmel war hier mit einem gleichförmigen röthlichen Schein überzogen. Die Erscheinung hielt nur wenige Minuten lang an. Der zweite Act spielte um $10^{1}/_{2}$ Uhr. Von einem im Norden gelegenen kleinen leuchtenden Bogen gingen Strahlen aus, die an ihrem Ausgangspunkte lebhaft grün gefärbt waren, an ihrem oberen Ende dagegen in prachtvollem Purpur glänzten. Hin und wieder veränderte sich der Anblick ganz plötzlich: das Licht häufte sich an einzelnen Stellen an und bildete hier sehr stark leuchtende Felder, von denen die in der Mitte des Nordlichts stehenden weiß, die anderen blutroth waren. Eine Unzahl leuchtender, fast paralleler Streifen durchzogen den Bogen in der Richtung des magnetischen Meridians. Das Phänomen hielt eine halbe Stunde lang an mit wechselnder Intensität.

Das Nordlicht vom 13. Mai war großartiger und wurde in Paris von Flammarion beobachtet, der darüber im Siècle folgendermaßen berichtet: „Am 13. Mai entwickelte sich ein großartiges Nordlicht an dem Himmel von Paris. Um 11 Uhr erhob sich eine ungeheure Garbe leuchtender Strahlen von einem dunklen Segmente aus, stieg senkrecht im Norden auf, ging über den Polarstern und den kleinen Bären weg und reichte mit seinem gelben Lichte bis zum Zenith. Eine andere Strahlengarbe erhob sich von demselben Ausgangspunkte aus schräg nach links und verdunkelte wie ein ungeheures rothleuchtendes Band die Sterne des großen Bären, von denen die äußersten gerade culminirten und dem Zenith nahe standen; namentlich der drittletzte wurde längere Zeit durch diese ungeheure Ausstrahlung, die einem Kometenschweife glich, verdeckt. Ein drittes Lichtbündel ging zur Rechten schräg durch die Milchstraße, durchschnitt die Sternbilder des Cepheus und des Schwans und erreichte den Kopf des Drachen, während die Vega neben ihm in vollem Glanze strahlte.

Zu diesen drei Hauptbündeln gesellten sich im Verlaufe des Phänomens noch zwei andere, das erste nahe der Mitte und ein wenig rechts von einer durch den Polarstern nach dem Horizont gezogenen Vertikalen, das andere, welches erst um 11 Uhr 20 Minuten erschien, links vom großen Bären gegen den Arctur hin. Die ungeheure mittlere Lichtsäule, welche mit ihrem wechselnden Glanze den Polarstern vollständig verdunkelte, veränderte allmählig ihre anfangs orangegelbe Farbe und erschien um 11 Uhr 5 Minuten blutroth wie eine bengalische Flamme. Zu gleicher Zeit zeichnete sich die schräge rechte Säule, die anfangs nur die Helligkeit eines auf den Himmel projicirten elektrischen Lichtes besaß, in hellerem Glanze von dem Hintergrunde ab und leuchtete wie ein langer Cylinder von hellgrünem

Lichte, dessen Intensität hinreichte, das W der Cassiopeja und den hellen Hauptstern des Schwans zu verdunkeln. Der Himmel war ganz rein und mit Sternen besäet, der Mond schien nicht und diese ungeheuren Lichtstreifen, die in der Luft zu schweben schienen, breiteten ihren Fächer unter dem Sternenzelte aus. In der Höhe von etwa 20 Grad über dem Horizont hatte sich ein dunkles Segment gebildet, welches aus schmalen und horizontal lagernden schwarzen Wolken bestand und den Ausgangspunkt der leuchtenden Strahlen verbarg. Diese dunklen Wolken waren nicht sehr dicht, denn ich konnte ganz gut die Capella, die nicht weit vom Horizonte stand, durch sie hindurchleuchten sehen. Einige Sternschnuppen fielen während der Erscheinung. Eine Feuerkugel ging um 11 Uhr 5 Minuten nahe vom Zenith aus und erlosch, als sie in der Höhe des großen Bären angekommen war; eine zweite schien um 11 Uhr von der Vega herzukommen. Am Tage war der Himmel bedeckt gewesen, am Abend blies ein heftiger Nordwind und die Atmosphäre hatte sich merklich abgekühlt."

Noch großartiger war das Nordlicht vom 24. October 1870, welches zur Zeit der Belagerung von Paris stattfand. Flammarion schreibt darüber: „Bekanntlich hatten sich während der Belagerung die Astronomen in Genie-Officiere verwandelt; auf dem ganzen Umkreise der Befestigungen waren astronomische Fernröhre aufgestellt, um die Bewegungen des Feindes zu beobachten und den Bau seiner Batterien zu überwachen. Ich bewohnte in diesem denkwürdigen Winter den Sector von Passy, und als ich um $6^1/_2$ Uhr Abends einen eigenthümlichen rothen Schein in der Cassiopeja wahrnahm, vermuthete ich, daß sich ein Nordlicht entwickeln würde, und hielt es für gut, mich nach einem ganz freien Platze zu begeben. Ich wählte den Trocadero. Es war hier ganz menschenleer, als ich ankam, und ein eisiger Nordwind lud nicht zum Bleiben ein. Der rothe Schein hielt noch immer an. Bald erhellte ein weißlicher Schimmer den Norden mit Ausnahme eines schwarzen Segments, das sich auf den Horizont stützte, wodurch ich in meiner Vermuthung bestärkt wurde. Dennoch mußte ich eine halbe Stunde warten, bevor das elektrische Phänomen sich entwickelte.

Um $7^1/_2$ Uhr wurde der Schimmer heller und verdunkelte die beiden tiefsten Sterne des großen Bären, während die fünf anderen sichtbar blieben. Die rothe Wolke hatte sich ein wenig verschoben und lag jetzt in der Andromeda. Um 7 Uhr 40 Minuten schossen plötzlich rothleuchtende zitternde Strahlen bis zum Zenith empor und erloschen sofort, wie die Flammen von explosivem Papier. Nun entwickelte sich die Erscheinung in voller Pracht. Ungefähr 50 Grad über dem Horizont und mehr als ein Drittel des Himmels überspannend entrollte sich eine 20 Grad breite Draperie von rothleuchtendem Stoff mit goldenen Streifen, deren Zwischenräume durch Contrast etwas grünlich erschienen, und schwebte eine Minute lang ganz ruhig an dem schweigenden Himmel. Die Falten schienen alsdann

zu wogen und zu zergehen. Aus dem Centrum der Erscheinung brach ein Strahl von weißem Licht hervor, wie eine zum Zenith aufsteigende Rakete, und vertheilte sich über die Ränder wie ein silberner Saum. Kurz darauf flammte links ein ungeheurer rother Strahl auf und erreichte fast das Zenith. Die hochliegenden Theile des Himmels standen bis um 8 Uhr in Gluth, als würden sie durch eine ungeheure bengalische Flamme erleuchtet. Dies Nordlicht unterschied sich wesentlich von dem vorhin beschriebenen. Jenes wurde vorzugsweise durch leuchtende von Norden ausgehende Strahlen gebildet, während dieses die Form einer Draperie annahm, die in der Luft schwebte. Die seltene Erscheinung zog Tausende von Beobachtern herbei und der um 7 Uhr ganz menschenleere Trocadero wimmelte um 8 Uhr von einer unzähligen Menschenmenge, die anfangs der Meinung war, daß eine Feuersbrunst ausgebrochen sei, oder daß die Erscheinung durch das elektrische Licht des Mont-Valerien hervorgebracht werde. Auch an dem folgenden Abend entwickelte sich ein Nordlicht, erreichte aber lange nicht den Glanz des eben besprochenen."

Die Höhe der Nordlichter ist sehr verschieden; nach Bravais entwickeln sie sich zwischen den Grenzen von 12 und 25 Meilen, nach Loomis liegt der Punkt, von welchem die Strahlen ausgehen, mehr als 8 mal so hoch. Bei dem Nordlicht vom 4. Februar 1872 lag nach den Messungen von Galle in Breslau die Krone 56 Meilen hoch, womit die Messungen von Reiman, die 60 Meilen ergeben, ziemlich übereinstimmen; dieselben Beobachter fanden für die Krone des Nordlichts vom 25. October 1870 die Höhe von 72 Meilen. Diese Nordlichter lagen also weit jenseits der Grenze, welche man für die untere Atmosphäre annimmt, und entwickelten sich in der oberen, aus den leichtesten und ungemein verdünnten Gasen gebildeten Atmosphäre. Dagegen sprechen andere Beobachtungen dafür, daß das Nordlicht auch in der unteren Atmosphäre stattfinden kann, und Lemström glaubt auf Grund seiner Beobachtungen annehmen zu müssen, daß die Erscheinung sich auch in den Wolken entwickeln und mit ihnen tief herabsinken kann.

Manche Nordlichter werden nur über verhältnißmäßig geringe Strecken beobachtet; so zeigte sich die Erscheinung in vollem Glanze am 11. September 1871 in Cork in Irland, während in Paris, das nur 100 Meilen von Cork entfernt ist, nichts derartiges wahrgenommen wurde. Auch ein am 2. Februar 1859 in Cherbourg beobachtetes Nordlicht blieb in Paris unsichtbar. Dagegen haben andere Nordlichter eine ungeheure Ausdehnung. Das vom 3. September 1839 wurde gleichzeitig in Europa und Amerika gesehen; das Nordlicht vom 2. September 1859 wurde von New York bis nach Sibirien wahrgenommen, und gleichzeitig wurde auf der südlichen Halbkugel in der Capstadt und in Australien ein Südlicht beobachtet. Es war dies das erste Mal, daß man sich durch den Augen-

schein von der durch die Theorie längst festgestellten Thatsache überzeugte, daß Nord- und Südlichter sich gleichzeitig unter Einwirkung desselben Stromes auf beiden Halbkugeln entwickeln. Die Pole des Erdballs stehen mit einander in inniger Beziehung vermittelst des Fluidums, welches unaufhörlich in den Lüften und im Boden kreist. Zu Zeiten schwillt die Intensität des Magnetismus an und scheint die Lebensthätigkeit des Planeten zu erhöhen.

Die Nordlichter sind für Humboldt das sprechendste Zeugniß, daß auch unser Planet die Fähigkeit besitzt, Licht zu erzeugen. „Was diesem Naturphänomen, sagt er, seine größte Wichtigkeit giebt, ist die Thatsache, daß die Erde leuchtend wird, daß ein Planet außer dem Lichte, welches er von dem Centralkörper, der Sonne empfängt, sich eines eigenen Lichtprocesses fähig zeigt. Die Intensität des Erdlichtes, oder vielmehr die Erhellung, welche dasselbe verbreiten kann, übertrifft bei dem höchsten Glanze farbiger und nach dem Zenith aufsteigender Strahlung um ein weniges das Licht des ersten Mondviertels. Bisweilen (7. Januar 1831) hat man ohne Anstrengung Gedrucktes lesen können. Dieser in den Polargegenden fast ununterbrochene Lichtproceß der Erde leitet uns durch Analogien auf die denkwürdige Erscheinung, welche die Venus darbietet. Der von der Sonne nicht erleuchtete Theil dieses Planeten leuchtet bisweilen mit einem eigenen phosphorischen Scheine. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß der Mond, Jupiter und die Kometen außer dem reflectirten Sonnenlichte auch von ihnen selbst hervorgebrachtes Licht ausstrahlen. Ohne der sehr gewöhnlichen Art des Wetterleuchtens zu erwähnen, in der ein Gewölk viele Minuten lang ununterbrochen flimmernd leuchtet, finden wir in unserem Dunstkreise noch andere Beispiele irdischer Lichterzeugung. Dahin gehören der berühmte bei Nacht leuchtende trockene Nebel der Jahre 1783 und 1831, der stille von Rozier und Beccaria beobachtete Lichtproceß großer Wolken, ohne alles Flimmern, ja wie Arago scharfsinnig bemerkt, das schwache, diffuse Licht, welches in tief bewölkten, mond- und sternlosen Herbst- und Winternächten ohne Schnee unter freiem Himmel unsere Schritte leitet.“

Zum Schlusse sei bemerkt, daß die Nordlichter einer gewissen Periodicität unterliegen, und zwar scheint die Periode merkwürdigerweise mit der der Sonnenflecken übereinzustimmen. Es hat sich gezeigt, daß die Jahre, in denen die Sonnenflecken am häufigsten auftreten, auch die zahlreichsten und prachtvollsten Nordlichter aufweisen. Zu der Zeit, wo sich große Nordlichter zeigten, hat man ferner in der Regel eine außergewöhnliche Thätigkeit auf der Sonne wahrgenommen und Flecken und Fackeln in besonders großer Menge auftreten sehen.

So stellt sich die letzte und großartigste Erscheinung dar, die wir bei dieser Uebersicht über das Reich der Luft zu betrachten hatten.

## Schlußcapitel.

# Ueber die Vorausbestimmung des Wetters.

Wir haben die Beschreibung der meteorologischen Erscheinungen beendigt, welche in ihrem Zusammenwirken das Leben und die Schönheit der Erde schaffen. Wir sahen, wie das Luftmeer den Erdball einhüllt und ihn auf seiner Bahn begleitet, wie die Sonne in der Atmosphäre die Wunder des Lichts entfaltet, wie sie die Wärme über die Erde ausgießt, und wie sich der Wechsel der Jahreszeiten vollzieht; wir sahen, wie die Winde und Stürme entstehen, wie sich die Circulation der Luft für die einzelnen Zonen vollzieht, wie die Wolken sich in die luftigen Höhen aufschwingen und von dort den Regen herabgießen. Wir lauschten der gewaltigen Stimme des Gewitters und folgten der Elektricität auf ihrem Wege, wie sie bald als zuckender Funke Verderben und Zerstörung bringt, bald als Nordlicht den Himmel mit unbeschreiblicher Pracht schmückt. Werfen wir jetzt einen kurzen Blick auf die Geschichte der Witterungskunde und fragen wir nach dem augenblicklichen Stande der meteorologischen Arbeiten.

Die Anfänge der Meteorologie gehen, wie die der Astronomie, bis in das fernste Alterthum zurück. Die frühesten Menschengeschlechter faßten unwillkürlich die außerhalb unserer Atmosphäre sich vollziehenden Vorgänge mit denen zusammen, die in dem Luftkreise der Erde stattfinden; denn noch war keine scharfe Grenze zwischen dem Weltraum und der Atmosphäre gezogen, so daß das Studium der Gestirne und das der meteorologischen Erscheinungen nur als Theile eines Ganzen erscheinen mußten. So wurden die Kometen als Körper angesehen, welche innerhalb der Atmosphäre schwebten, so galten die Sternschnuppen für Gestirne, die sich von dem Himmelsgewölbe ablösten und herabstürzten. Mithin hat die Meteorologie denselben Ursprung wie die Astronomie.

Es ist wohl begreiflich, daß in diesen weit entlegenen Zeiten, wo jede phy-

sikalische Erklärung der Naturerscheinungen fehlte, die Menschen in den großen meteorologischen Vorgängen Zeichen von dem Zorn oder dem Wohlgefallen der Gottheit erblickten; während die in den höheren Regionen kreisenden Gestirne ihnen ein Bild der schönsten Harmonie boten und durch ihre gesetzmäßige Bewegung ihre Bewunderung erregten, sahen sie in den tieferen Schichten nur regellose, launenhafte Erscheinungen, die durch kein Bindeglied mit einander verknüpft waren und bald zum Nutzen, bald zum Schaden der Menschen ausschlugen. Die Chaldäer, die als Meister in der Wahrsagekunst galten, betrachteten die Finsternisse, die Erdbeben, überhaupt alle auffälligen Naturerscheinungen als Vorzeichen von bald glücklicher, bald unglücklicher Vorbedeutung. Das hebräische Volk gab dem einen Gott, den es verehrte, das Firmament, d. h. den Sternenhimmel zum Wohnsitz; aber der Herr stieg bisweilen von seinem Thron herab, um vermittelst Naturerscheinungen mit den Menschen in Verkehr zu treten und sich ihnen zu offenbaren. Auch die Etrusker und Römer betrachteten die meteorologischen Erscheinungen als unmittelbare Bethätigungen der Götter und als günstige oder ungünstige Vorzeichen.

Die ältesten Geschichtsbücher enthalten so viele Anspielungen auf Wind, Regen, Donner, Blitz, Hagel und die Himmelskörper außer den Hauptgestirnen, Mond und Sonne, daß sie uns einen unwiderleglichen Beweis von der großen Wichtigkeit liefern, welche man schon in den fernsten Zeiten diesen Erscheinungen beilegte. „Es giebt wohl wenige mit dem Studium der alten Autoren vertraute Leute, sagt der Admiral Fitz-Roy, die nicht in der mythologischen Erzählung von dem Raube des himmlischen Feuers durch den Prometheus etwas Aehnliches sehen, wie das Experiment des Franklin, oder welche zweifeln, daß Pythagoras leitende Metalldrähte verwendet hätte. Immerhin ist es auffällig, daß die Arbeiten dieses Gelehrten nirgends zu praktischen Resultaten geführt haben, während es feststeht, daß man seit unvordenklichen Zeiten im äußersten Osten, von Ceylon bis Japan, statt sich zu bemühen, die Elektricität zu zerstreuen oder zu neutralisiren, es versuchte, sie durch Glasstücke oder durch seidene Tücher abzuwenden, welche auf dem Dache jedes wichtigen Gebäudes angebracht waren."

Im Mittelalter wurde die Astronomie von den übrigen Wissenschaften getrennt und für sich allein behandelt, ebenso die Chemie, die auf den Abweg der Alchemie gerieth. Die meteorologischen Untersuchungen wurden fast ganz vernachlässigt bis über die Mitte des 17. Jahrhunderts hinaus, wo die Arbeiten von Dampier, Halley und Hadley zur Erforschung der Gesetze, die den atmosphärischen Erscheinungen zu Grunde liegen, anspornten.

Die Wissenschaft der Meteorologie, wie sie heute existirt und wie wir ihre Ergebnisse zu schildern versucht haben, beruht fast ganz auf den Arbeiten dieses Jahrhunderts; vor dieser Zeit besaßen wir nur die Anfangsgründe, die aller-

dings wichtig, aber nur unvollständig waren, wie sie aus den Arbeiten Galileis, Gerikes, Torricellis, Descartes', Reaumurs, Franklins, Lavoisiers und anderer hervorgingen. Erst in unserem Jahrhundert haben die große Zahl der Beobachtungen und die weite Ausdehnung der Länder, in denen beobachtet wird, die Meteorologie zu dem Range einer exacten Wissenschaft erhoben. Diese genauen Beobachtungen sowie ihre Verwerthung verdanken wir einer sehr ansehnlichen Zahl von Gelehrten, die über Europa und Amerika zerstreut sind und zum großen Theil noch leben. Es würde schwer halten, sie sämmtlich aufzuzählen, und es sollen hier daher nur die hervorragendsten genannt werden, deren Namen oft genug in diesen Blättern citirt worden sind. Begnügen wir uns mit den Namen von Gay-Lussac, Humboldt, Arago, Quetelet, Kämptz, Reid, Redfield, Piddington, Dove, Bravais, Renou, St. Claire-Deville, Fitz-Roy, Glaisher, Marie-Davy, Flammarion. Diese berühmten Namen sind hier nach chronologischer Reihenfolge, nicht nach ihren Verdiensten, über die wir uns jeden Urtheils begeben, geordnet.

Die Kenntnisse, welche wir über den mittleren Gang der Temperatur sowie über die hiervon abhängigen Erscheinungen des Windes und des Regens besitzen, verdanken wir vorzugsweise den ausdauernden analytischen Arbeiten Quetelets und den Untersuchungen von Kämptz. Unsere Kenntnisse von den Wirbelstürmen sowie von dem Gange der Stürme überhaupt gründen sich vorzugsweise auf die Arbeiten Doves, des Amerikaners Redfield, des Engländers Fitz-Roy und des Franzosen Marie-Davy. Die Kenntnisse von den Wolken sowie von den optischen Phänomenen, die in den oberen Theilen der Atmosphäre stattfinden, verdanken wir hauptsächlich den Arbeiten von Bravais, Renou und Silbermann.

In den letzten Jahren haben verschiedene mehr oder weniger unterrichtete Personen sich eingebildet, sie vermöchten das Wetter auf ein ganzes Jahr im Voraus zu berechnen. Am meisten machte der jüngst verstorbene Mathieu de la Drome von sich reden. Als er sein Prophezeien begann, glaubte er, wie aus seinen an Flammarion gerichteten Briefen hervorgeht, daß man durch sorgfältiges Studium des Wetters zur Zeit der Mondphasen dahin gelangen könne, die Art der Witterungsänderungen, die er sich durch jene bedingt dachte, ziemlich sicher im Voraus zu bestimmen. Schwerlich ist er dieser Meinung bis an sein Lebensende treu geblieben, da seinen Vorhersagungen sehr oft das gerade Gegentheil folgte. Der Glaube, daß das Wetter durch den Mond beeinflußt werde, ist sehr alt und reicht bis in das Alterthum zurück. Am Ende des vorigen Jahrhunderts entwarf der Abt Toaldo sogar eine vollständige Mondmeteorologie, aus welcher der noch jetzt vielfach verbreitete Glaube stammt, daß das Wetter sich mit den Phasen des Mondes ändert. Sehen wir daher, was die Wissenschaft in dieser Beziehung festgestellt hat.

Der Mond ist nicht ganz ohne Einfluß auf unsere Atmosphäre. Zunächst wirkt er auf dem Wege der Anziehung und bringt in der Atmosphäre gerade wie im Meere Ebbe und Fluth hervor, welche am höchsten zur Zeit des Voll- und Neumondes und am tiefsten zur Zeit der Viertel sein müssen. Allein diese atmosphärische Ebbe und Fluth ist in den unteren Schichten, welche wir bewohnen, fast ganz unmerklich, wie sich aus den Resultaten langjähriger Untersuchungen ergiebt. Nach 20jährigen Beobachtungen von Flaugergues in Viviers ist die mittlere Höhe des Barometers zur Zeit der Viertel 755,81 Millimeter und zur Zeit der Syzygien (Voll- und Neumond) 755,39, und ist daher das erste Mal um 0,42 Millimeter größer, während es der Theorie nach umgekehrt sein sollte. Auch Bouvard findet aus Pariser Beobachtungen, daß der mittlere Barometerstand zur Zeit der Viertel um ein Geringes höher ist, als zur Zeit der Syzygien. Nach den Brüsseler Aufzeichnungen erreicht der Barometerstand sein Maximum am Tage vor dem ersten Viertel und ein zweites Maximum am Tage vor dem Vollmond, während ein Minimum auf den Neumond und ein zweites auf den 21. Tag der Mondperiode fällt. Dagegen ergeben die in Cayenne gesammelten Beobachtungen ein Maximum für den Neumond, ein zweites für den 10. Tag der Mondperiode, ein drittes für den 18. und ein viertes für den 23. Tag; das Minimum fällt auf den Tag vor dem letzten Viertel, auf den Tag nach Vollmond und auf den 21. Tag. In Alexandrien fand man das Maximum bei Neumond, das Minimum bei Vollmond. Man sieht, daß diese Resultate völlig auseinander gehen und daß man aus ihnen keinen Schluß ziehen kann. Ueberdieß ergiebt die Rechnung, wie schon La Place nachwieß, daß der Einfluß des Mondes höchstens eine Barometerschwankung von 0,02 Linien hervorbringen kann.

Sehen wir jetzt, ob die Beobachtungen einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Regen und den Phasen des Mondes ergeben. Aus einer Reihe von 28jährigen Beobachtungen, die in München, Stuttgart und Augsburg angestellt waren, gewann Schübler folgendes Resultat. In 20 Jahren kamen 764 Regentage (oder Schneetage) auf die Zeit vom Neumond bis zum ersten Viertel, 845 bis zum Vollmond, 761 bis zum letzten Viertel und 696 bis zum Neumond. Das Maximum lag zwischen dem ersten Viertel und dem Vollmond, das Minimum zwischen dem letzten Viertel und dem Neumond. Pilgram in Wien fand aus 100 Beobachtungen derselben Phase 26 Regengüsse für den Neumond, 25 als Mittel für jedes Viertel und 29 für den Vollmond. Gasparin fand aus Beobachtungen, die in Paris, Carlsruhe und Orange (Departement de Vaucluse) angestellt waren, daß vom 4. Tage nach Neumond bis zum 4. Tage nach Vollmond in den genannten Städten der Reihe nach 612, 674 und 342 Regen fielen, während es in der andern Hälfte der Mondperiode 578, 630 und 315 mal regnete. Aus allen diesen Beobachtungen ergiebt sich, daß es zwischen dem ersten Viertel

und Vollmond häufiger regnet, als zu jeder anderen Zeit. Glaisher hat die englischen Beobachtungen vom 10. Januar 1815 bis zum 12. Januar 1869, die sich über 19,726 Tage erstrecken, mit einander verglichen, und kommt zu dem Resultat, daß das Alter des Mondes einen Einfluß auf die Häufigkeit und die Reichlichkeit des Regens besitzt. Die stärksten Regen fielen vom 21. bis zum 26. Tage und vom 5. bis zum 9. Tage, während die schwächsten mit dem Neumonde zusammentrafen. In den beiden Wochen vor und nach dem Vollmond regnete es häufiger, als in den beiden anderen Wochen der Mondperiode. Das Maximum fiel kurz vor Vollmond, das Minimum kurz vor Neumond. Doch muß erwähnt werden, daß mit diesen ganz gut übereinstimmenden Resultaten die Ergebnisse zwölfjähriger Beobachtungen aus Calcutta in directem Widerspruche stehen, indem sie ein Maximum des Regens für das letzte und ein Minimum für das erste Viertel angeben. Will man daher überhaupt zugeben, daß der Mond einen Einfluß auf die Regenverhältnisse hat, so ist derselbe doch so gering, daß er sich nur aus Beobachtungsreihen, die viele Jahre umfassen, erkennen läßt. Ganz falsch würde es sein, eine Aenderung des Wetters von einer Phase des Mondes abhängig zu denken. Uebrigens scheint auch die Nähe des Mondes einen geringen Einfluß auf den Regen zu haben, da es häufiger regnet, wenn sich der Mond in der Erdnähe befindet, als wenn er in der Erdferne steht.

Wenn nun der Mond einen Einfluß auf die Atmosphäre ausübt, so fragt sich, auf welchem Wege derselbe vor sich geht. Auf dem Wege der Anziehung nicht, denn die durch dieselbe erzeugte atmosphärische Ebbe und Fluth sind so unbedeutend, daß wir ihr Vorhandensein nur durch sehr lange fortgesetzte Beobachtungen nachweisen können. Findet vielleicht eine Wärmewirkung statt? Nach den feinen Experimenten von Melloni, Piazzi-Smyth, Rosse und Marie-Davy beträgt die Wärme der Mondstrahlen, welche bis zu dem Grunde des Luftoceans, wo wir wohnen, herabdringen, kaum ein hunderttausendstel Grad. Auf dem Pic von Teneriffa fand man bei einem weit geringeren Luftdruck die Wärme der Mondstrahlen gleich dem dritten Theil der Wärme, welche eine Kerze in 15 Fuß Entfernung ausstrahlt, also nur äußerst gering. Wenn nun aber auch die Wärmestrahlen des Mondes auf der Erdoberfläche kaum wahrnehmbar sind, so verhält es sich anders mit den leuchtenden Strahlen, die hinreichend hell sind, um die Dunkelheit unserer Nächte zu verscheuchen, und mit den chemischen Strahlen, die so kräftig sind, daß wir in wenig Augenblicken die Oberfläche unseres Trabanten mit allem Detail photographiren können. Theilen wir daher das Mondspectrum gerade wie das Sonnenspectrum in drei Abtheilungen, so sehen wir, daß die am langsamsten schwingenden dunklen Wärmestrahlen am schwächsten, und daß die am schnellsten schwingenden dunklen chemischen Strahlen am kräftigsten bei uns eintreffen. Es ist daher möglich, daß der Mond eine chemische Wirkung

auf die feinen Reactionen ausübt, die sich während der Nacht in den Blättern und anderen Organen der Pflanzen vollziehen. Auch ist es möglich, daß in den oberen Schichten der Atmosphäre, wo die Wärmestrahlen noch weniger geschwächt sind, gewisse Wolken, welche nur einer ganz geringen Erwärmung zu ihrer Auflösung bedürfen, „durch den Mond gefressen werden", wie die englischen Seeleute sagen. Bei nächtlichen Luftfahrten hat man diese wolkenzerstreuende Kraft des Vollmondes schon öfters deutlich wahrgenommen. Hierdurch erklärt sich auch die auf den ersten Blick auffallende Thatsache, die Harrison aus 43jährigen Beobachtungen zu Greenwich und Dublin ermittelt hat, nämlich daß während dieser 520 Mondperioden die nächtliche Temperatur bei zunehmendem Monde durchschnittlich ein wenig höher war, als bei abnehmendem Monde, gleichsam als wenn die Mondstrahlen eine erkältende Wirkung hätten. Zerstreut der Mond die Wolken und schafft klaren Himmel, so muß in Folge hiervon die nächtliche Ausstrahlung der Erde freier vor sich gehen, als bei weniger klarem Himmel, und die Temperatur der unteren Luftschichten muß sinken. Da nun der Vollmond bei Sonnenuntergang aufgeht und die ganze Nacht über dem Horizonte verweilt, und der abnehmende Mond seinen höchsten Stand während der Nacht, der zunehmende aber während des Tages erreicht, so muß der erstere während des Nachts kräftiger auf die Wolken wirken und damit ein Sinken der nächtlichen Temperatur veranlassen.

Wir kommen also zu dem Schluß, daß der Mond nicht ganz ohne Einfluß auf die Atmosphäre ist; allein seine Einwirkung kann auch nicht im Entferntesten mit derjenigen der Sonne verglichen werden, und bestimmt durchaus nicht das Wetter, wie meteorologische Dilettanten gar zu gern annehmen. Eine Voraussage des Wetters, die sich an die Bewegung und die Phasen des Mondes knüpft, hat also keinen Anspruch auf Glaubwürdigkeit, eben so wenig wie jede Vorhersagung auf längere Zeit, auf was für Argumente sie sich auch stützen mag. Bis jetzt sind wir völlig außer Stande, das Wetter auf ein Jahr, einen Monat, selbst eine Woche zu jeder Zeit im Voraus zu bestimmen. Es wird dies erst möglich werden, wenn über die ganze Erde zahlreiche, telegraphisch mit einander verbundene meteorologische Stationen verbreitet sein werden, deren vielfache Beobachtungen eine genaue Analyse der täglichen meteorologischen Vorgänge zulassen. Wenn einst der Mensch das ganze System der atmosphärischen Circulation mit einem Blick überschauen kann, dann verfolgt er den Weg der Luftwellen, wie sie von Meridian zu Meridian, von Breitengrad zu Breitengrad fortrücken, dann erkennt er die Strömungen, die durch den Unterschied von Meer und Land oder durch die Bodengestaltung hervorgerufen werden, dann sieht er die Regengüsse heranziehen, weiß im Voraus den Wechsel des Windes, kurz dann erkennt die Wissenschaft die unveränderlichen Gesetze und die constanten Kräfte, welche diese Bewegungen,

so verwickelt und so dunkel sie auch uns jetzt noch erscheinen mögen, beherrschen; denn wie Laplace schreibt, auch das geringste Luftmolekül folgt in seinen Bewegungen Gesetzen, die ebenso unveränderlich sind wie diejenigen, welche die Himmelskörper im Weltraum lenken.

Seit etwa 20 Jahren hat man angefangen, auf diese Weise die Bewegungen in der Atmosphäre zu studiren. Die Amerikaner Piddington und Espy benutzten zuerst im Jahre 1850 den Telegraphen, um zu einer bestimmten Zeit die Witterungsverhältnisse an mehreren weit von einander entfernten Orten zu vergleichen und die Bewegungen in der Atmosphäre zu verfolgen. Im Jahre 1853 tagte in Brüssel ein meteorologischer Congreß und setzte die Grundzüge fest, welche man bei meteorologischen Arbeiten zu befolgen habe. Quetelet wies darauf hin, daß wenn man durch Linien alle die Orte verbindet, wo in demselben Augenblick das Barometer zu steigen aufhört und zu fallen beginnt, d. h. wo in demselben Augenblick ein Maximum des Luftdrucks vorüberzieht, diese Linien, welche oft das ganze Europa durchziehen, allmählig fortrücken, gerade so wie die Wellen auf einer Wasserfläche. Der gewaltige Sturm, der am 16. November 1854 zu Balaklawa in der Krim wüthete und den vor Sebastopol lagernden Armeen argen Schaden zufügte, begleitete das Wellenthal, welches zwei auf einander folgende Wellenberge trennte, und entsprach einem barometrischen Minimum, welches über Paris am Nachmittage des 12., über Brüssel am 13., über Wien am 14. und über Petersburg am 15. wegzog. Dieser Sturm erregte das Interesse der Meteorologen im hohen Grade. Das Verfahren der Amerikaner wurde sofort in Frankreich eingeführt, und seit dem Jahre 1855 werden die Notirungen über Thermometer, Barometer, Feuchtigkeit der Luft, Richtung und Stärke des Windes von den verschiedensten Punkten Frankreichs täglich nach Paris berichtet. Aehnlich wurde in England und später in Deutschland der Telegraph in den Dienst der Meteorologie gezogen und die Beobachtungen der einzelnen Stationen nach einer Centralstelle gemeldet. Augenblicklich empfangen Paris, London, Berlin und Wien Berichte, welche sich nicht blos auf die betreffenden Länder beschränken, sondern von Orten abgehen, welche über ganz Europa zerstreut sind, so daß der „meteorologische Dienst“ ein internationaler geworden ist.

Seit dem September 1863 werden in Paris dem Vorschlage Quetelets entsprechend synoptische Karten entworfen, deren Curven auf den ersten Blick die Gestalt und die Folge der Luftwellen erkennen lassen. Man konnte jetzt den Gang der Stürme weit leichter verfolgen, und schon in den ersten Tagen des December konnte man für die französischen Küsten einen Sturm vorhersagen, so daß die Schiffe in den Häfen ihre Vorsichtsmaßregeln treffen konnten. Aus diesen Karten wird ersichtlich, daß fast alle Stürme, die über Europa hinziehen, aus Südwest kommen, nach Nordost gerichtet sind und in Sibirien ihr Ende finden.

Marie-Davy wies den Zusammenhang zwischen ihnen und den oben besprochenen Cyklonen nach.

Aus dem täglichen Bulletin des Pariser Observatoriums können wir gewissermaßen aus der Ferne das schlechte Wetter sehen und seinen Gang verfolgen. Wir lernten oben den Zusammenhang des Regens mit der Windrichtung kennen und sahen, daß die Wirbelstürme von einem starken Fallen des Barometers begleitet sind. Eine synoptische Karte von den Vorgängen in der über Europa lagernden Atmosphäre zeigt uns, daß das schlechte Wetter die Mitte der barometrischen Depression begleitet, namentlich auf der Südseite des Wirbels, wo der Wind zwischen Süd und West liegt. Es ist fast kein Beispiel bekannt, daß ein Wirbel Europa erreichte, ohne Regen zu bringen, und umgekehrt, daß eine Regenzeit hereinbrach, die sich nicht mit einem Wirbel in Verbindung bringen ließ. Das Vorüberziehen eines Wirbels dauert für einen bestimmten Ort gewöhnlich nur wenige Tage; die Regengüsse, welche er herbeitreibt, haben im Sommer nur kurze Dauer, folgen sich aber oft in sehr kurzen Zwischenräumen und können so eine ganze Regenzeit bilden. Im Sommer haben die Wirbel nur eine geringe Ausdehnung. Das Land ist wärmer, als das Meer; die Winde, welche sich über dem Ocean mit Wasserdampf beladen haben, entfernen sich von ihrem Sättigungspunkte, wenn sie über das Land wehen, da sich ihre Temperatur erhöht. Allein in der Höhe nimmt die Wärme schnell ab und es treten daher reichliche, aber kurz dauernde Güsse ein. Im Winter ist umgekehrt das Land kälter, als das Meer; mithin kühlt sich der Aequatorialstrom bei seinem Vordringen über dem Lande immer mehr ab. Da er mit Feuchtigkeit beladen ist, so ruft ein geringes Sinken der Temperatur lange anhaltende und weit verbreitete Regengüsse hervor, welche indessen nicht so reichhaltig sind, wie die Sommerregen. Die Gewitter folgen dem Gange des Regens; niemals bildet sich ein solches in den Gegenden, wo der Luftdruck hoch ist, sondern stets nur auf der Bahn des Aequatorialstroms.

„Aus allem diesem folgt, sagt Marie-Davy, daß die Veränderungen in dem Zustande der Atmosphäre für eine bestimmte Gegend Europas die directe Folge sind von der Verschiebung des Bettes des großen vom atlantischen Meere herwehenden Luftstroms und von dem Vorüberziehen der Wirbelbewegungen, die dort entstehen. Das Problem, das Wetter vorauszusagen, besteht daher darin, diese Verschiebung zu ermitteln, die ersten Anzeichen einer Wirbelbewegung sofort zu bemerken und festzustellen, welche Ausdehnung und Intensität das Meteor besitzt, in welcher Entfernung es an dem betreffenden Orte vorüberziehen wird, welche Richtung es verfolgt und mit welcher Geschwindigkeit es sich fortbewegt. Die synoptischen Karten, welche bis jetzt Europa und den atlantischen Ocean umfassen, sind zwar ein großer Schritt vorwärts, allein sie genügen noch nicht. Sie

müssen vielmehr Amerika und wenn möglich auch den stillen Ocean und Asien in ihren Bereich ziehen. Wir sind überzeugt, daß bei dem augenblicklichen Stande der Wissenschaft Telegramme aus Amerika und Asien es uns möglich machen werden, große Witterungsänderungen 8 bis 10 Tage vorher zu erkennen."

Daß wir schon jetzt in einzelnen Fällen schweres Unwetter auf längere Zeit vorhersagen können, geht aus dem Folgenden hervor. In der Mitte des October

Vertheilung des Luftdruckes am 24. Januar 1872.

1873 kündigte das Observatorium von Montsouris für das letzte Drittel des October eine Reihenfolge von heftigen, von Sturm begleiteten Regengüssen an. Schon am 22. regnete es stark in Paris, am 23. erreichte der Regen eine außerordentliche Heftigkeit und der Wind schwoll zum Orkan an. „Das Unwetter, sagt ein Berichterstatter, ließ sich fast den schrecklichen Novemberstürmen des vorigen Jahres gleichstellen." Im nordwestlichen Deutschland traf der Sturm am 24., an der Ostseeküste am 25. ein, hatte aber hier schon viel von seiner Kraft verloren.

Als Probe solcher synoptischen Karten möge die obenstehende Karte dienen,

Digitized by Google

welche den Zustand der Atmosphäre über Europa hinsichtlich des Barometerstandes für den 24. Januar 1872 veranschaulicht. Aus einer einzigen derartigen Karte ist freilich die Abhängigkeit der Witterungsänderungen von den Barometerschwankungen nicht zu ersehen, vielmehr muß man oft eine ganze Folge von Karten mit einander vergleichen, um den Zusammenhang zu erkennen, welcher zwischen der Verschiebung des Centrums der barometrischen Depression und dem Zustande des Himmels an den einzelnen Stationen stattfindet. Es regnet keineswegs überall dort, wo das Barometer tief steht, selbst dann nicht, wenn gleichzeitig Südwestwind weht.

Neben einer solchen wissenschaftlichen Vorausbestimmung des Wetters, die sich an die Untersuchung der über das atlantische Meer hinziehenden Wirbel knüpft, giebt es gewisse nicht zu verachtende Vorzeichen, die auch zum Theil dem Volke bekannt sind und welche für eine bestimmte Localität den Voraussagungen der Landleute bisweilen eine größere Zuverlässigkeit verleihen, als den Bestimmungen der Gelehrten auf den Observatorien. Wir führen im Folgenden die hauptsächlichsten derartigen Wetterregeln an.

Die Höfe und Kronen, welche sich um den Mond zeigen, deuten an, daß der Himmel an dem folgenden Tage bedeckt sein und daß wahrscheinlich ein feiner, anhaltender Regen fallen wird.

Geht die Sonne hinter scharlachgefärbten dunstigen Wolken unter, welche oft in tiefem Purpur erglühen, so ist für den folgenden Tag Regen zu erwarten. Die Durchsichtigkeit der Luft, welche ferne Gegenstände nahe erscheinen und das Detail stundenweit erkennen läßt, verkündigt ebenfalls Regen. Ueble Gerüche, welche stärker als sonst von manchen Stellen, wie Rinnsteinen, Cisternen u. dgl. ausströmen, haben ihren Ursprung in einer Abnahme des Luftdrucks und gewissen hygrometrischen Verhältnissen und deuten gleichfalls auf Regen.

Das Fallen des Nebels verkündigt schönes, das Steigen desselben schlechtes Wetter. Geht der Wind in die entgegengesetzte Richtung um, so ist Regen zu erwarten. Morgengrau deutet im Gegensatz zu Morgenroth auf schönes Wetter. Geht die Sonne über einer Wolkenschicht auf, so ist Wind zu erwarten; erscheint sie dagegen unmittelbar am Horizont, so kann man auf gutes Wetter hoffen.

Leichte Wolken mit unbestimmten Umrissen deuten auf gutes Wetter und mäßigen Wind; dichte Wolken mit scharf begrenzten Umrissen verkündigen Wind und Regen. Auf Schäfchen folgt gewöhnlich bedeckter Himmel und Regen. Wenn die Wolken nicht in der Richtung des am Boden herrschenden Windes ziehen, so ist gewöhnlich ein Umschlagen des Windes in die angedeutete Richtung zu erwarten.

Im Allgemeinen vermag ein geübter Beobachter für seine Gegend aus der

Richtung des Windes, dem Zustande des Himmels und dem Wärmegrade mit einiger Sicherheit das Wetter selbst auf 24 Stunden im Voraus zu bestimmen. Für den Stadtbewohner haben alle diese Anzeichen wenig Werth, da sein Wohnort und seine Beschäftigungen ein wiederholtes, aufmerksames Beobachten des Himmels nicht begünstigen.

Der Zweck der meteorologischen Arbeiten ist keineswegs darauf beschränkt, durch Beobachtung der atmosphärischen Bewegungen dahin zu gelangen, das

Das Observatorium von Montsouris.

Wetter vorher zu verkündigen, vielmehr kommt es der Meteorologie zu, das allgemeine Verhalten der ganzen Atmosphäre zu studiren. Der mittlere Stand der Temperatur für einen jeden Ort und die Temperaturschwankungen, der Gang der Feuchtigkeit, der Wolkenbildung, des Regens, die Untersuchung der optischen Phänomene, die Arbeit der Luft im Leben der Pflanzen, Thiere und Menschen: diese und noch andere Elemente bilden die Grundlagen der meteorologischen Wissenschaft und sind Gegenstand unausgesetzter Studien.

Unter allen den vielen, meteorologischen Zwecken dienenden Warten ist das neue Observatorium bei Paris am vollkommensten und am glänzendsten ausge-

Digitized by Google

stattet. Es liegt südlich von der Stadt auf dem großen Plateau von Montsouris mitten in einem weiten Park. Rund um das Gebäude sind zwei Hectaren Landes von dem Park abgetrennt und ausschließlich für meteorologische Beobachtungen vorbehalten. Die in diesem Garten aufgestellten Instrumente werden nicht wie in der Stadt durch die Strahlung der Gebäude beeinflußt, die Luft circulirt hier so ungehindert, wie auf dem Lande, und die Windfahne und das Anemometer können nicht durch die Nachbarschaft in ihrem Gange gestört werden, mit einem Worte, die Instrumente sind hier unter den Bedingungen aufgestellt, die für die Genauigkeit der meteorologischen Beobachtungen unerläßlich sind. Die Thermometer hängen in einem Bosquet, welches sie gegen die Sonne schützt und doch die Luft frei circuliren läßt. Vier Thermometer messen den Gang der Lufttemperatur, zwei andere das Maximum und Minimum, drei andere endlich, von denen das erste eine geschwärzte, das zweite eine grün angestrichene Kugel besitzt, während das dritte in einem leeren Raume hängt, sind zur Messung der directen Sonnenwärme bestimmt. Der Ozongehalt der Luft, das diffuse Licht, die Bewölkung des Himmels, die Feuchtigkeit der Luft, die Richtung und Stärke des Windes, die Menge des Niederschlags werden auf das Genaueste gemessen. Die Beobachtungen werden regelmäßig in Intervallen von 3 Stunden angestellt, um 1, 4, 7 und 10 Uhr Vormittags und zu denselben Stunden des Nachmittags. So wird jede Veränderung in der Atmosphäre schnell erkannt und mit Aufmerksamkeit verfolgt. Kein Gewitter entladet sich über Paris, welches nicht in allen seinen Details auf das Genaueste verzeichnet würde. Vierzehn über ganz Paris vertheilte Stationen messen die Menge des an jedem Punkte gefallenen Regens, den Ozongehalt der Luft, sowie die Höhe und die Temperatur der Seine. Andere in der Umgebung von Paris errichtete Stationen stellen correspondirende Beobachtungen an. Endlich berichten maritime Stationen vom Canal bis zum Mittelmeer täglich an das Centralinstitut. Ein tägliches Bulletin veröffentlicht alle diese Beobachtungen; ein wöchentliches Bulletin giebt eine Uebersicht über die Woche in Bezug auf die Arbeit der Atmosphäre bei dem Leben auf unserem Planeten, nämlich in Bezug auf Blühen und Fruchtreife der Pflanzen, Stand der Saaten, allgemeinen Gesundheitszustand ꝛc. Außer auf diesem nur für meteorologische Zwecke bestimmten Observatorium werden auch auf der Sternwarte meteorologische Beobachtungen angestellt. Hoffen wir, daß in anderen Ländern bald ähnliche, ebenso glänzend ausgestattete Institute errichtet werden, deren Zusammenwirken sicherlich in nicht allzuferner Zeit uns die Gesetze, denen die Bewegungen der Atmosphäre unterworfen sind, vollständig enthüllen werden.

Wir haben in diesem Buche den augenblicklichen Stand unserer Kenntnisse von dem Reiche der Luft vorführen wollen; es soll indessen kein Lehrbuch der Meteorologie sein, sondern giebt nur eine Schilderung von den Phänomenen,

den Gesetzen und den Kräften, die unausgesetzt in der ungeheuren Werkstatt der Atmosphäre thätig sind. Noch vermögen wir nicht, den Gang der Witterung so sicher zu beschreiben, wie den Lauf der Gestirne, oder Witterungsänderungen mit der Zuverlässigkeit vorher zu bestimmen, wie wir die Finsternisse berechnen, doch hegen wir die Ueberzeugung, daß die Zeit kommen wird, wo ein solches Voraus-schauen der Witterung dem Menschen möglich sein wird.

Druck von C. Grumbach in Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06807 5202

Digitized by Google

Digitized by Google